



3753
Docket No.: A8319.0013/P013
(PATENT)

#2
IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re Patent Application of:
Kazutoshi Higashiyama, et al.

Application No.: 10/068,837

Group Art Unit: N/A

Filed: February 11, 2002

Examiner: Not Yet Assigned

For: HYDROGEN PRODUCING APPARATUS AND
POWER GENERATING SYSTEM USING IT

CLAIM FOR PRIORITY AND SUBMISSION OF DOCUMENTS **RECEIVED**

Commissioner for Patents
Washington, DC 20231

APR 18 2002
TECHNOLOGY CENTER R3700

Dear Sir:

Applicant hereby claims priority under 35 U.S.C. 119 based on the following prior foreign applications filed in the following foreign countries on the dates indicated:

<u>Country</u>	<u>Application No.</u>	<u>Date</u>
Japan	2001-203429	July 4, 2001
Japan	2001-274920	September 11, 2001

In support of this claim, a certified copy of each said original foreign application is filed herewith.

Dated: April 17, 2002

Respectfully submitted,

By John C. Luce
Mark J. Thronson
Registration No.: 33,082

John C. Luce
Registration No.: 34,378
DICKSTEIN SHAPIRO MORIN &
OSHINSKY LLP
2101 L Street NW
Washington, DC 20037-1526
(202) 785-9700
Attorneys for Applicant

Docket No.: A8319.0013/P013
(PATENT)

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re Patent Application of:
Kazutoshi Higashiyama, et al.

Application No.: Not Yet Assigned

Group Art Unit: N/A

Filed: Herewith

Examiner: Not Yet Assigned

For: HYDROGEN PRODUCING APPARATUS
AND POWER GENERATING SYSTEM
USING IT



CLAIM FOR PRIORITY

Commissioner for Patents
Washington, DC 20231

Dear Sir:

Applicant hereby claims priority under 35 U.S.C. 119 based on the following
prior foreign applications filed in the following foreign countries on the dates indicated:

<u>Country</u>	<u>Application No.</u>	<u>Date</u>
Japan	2001-203429	July 4, 2001
Japan	2001-274920	September 11, 2001

In support of this claim, a certified copy of each said original foreign application will be filed shortly.

Dated: February 7, 2002

Respectfully submitted,

By 

Mark J. Thronson

Registration No.: 33,082

DICKSTEIN SHAPIRO MORIN &

OSHINSKY LLP

2101 L Street NW

Washington, DC 20037-1526

(202) 785-9700

Attorneys for Applicant



日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日
Date of Application:

2001年 9月11日

出 願 番 号
Application Number:

特願2001-274920

[ST.10/C]:

[JP2001-274920]

出 願 人
Applicant(s):

株式会社日立製作所
バブコック日立株式会社

RECEIVED

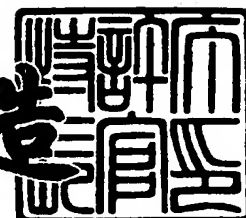
APR 18 2002

TECHNOLOGY CENTER R3700

2002年 2月26日

特 許 庁 長 官
Commissioner,
Japan Patent Office

及 川 耕 造



出証番号 出証特2002-3011239

【書類名】 特許願

【整理番号】 NT01P0727

【提出日】 平成13年 9月11日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 H01M 8/00

【発明者】

 【住所又は居所】 茨城県日立市大みか町七丁目1番1号 株式会社日立製作所 日立研究所内

 【氏名】 東山 和寿

【発明者】

 【住所又は居所】 茨城県日立市大みか町七丁目1番1号 株式会社日立製作所 日立研究所内

 【氏名】 小町谷 昌宏

【発明者】

 【住所又は居所】 茨城県日立市大みか町七丁目1番1号 株式会社日立製作所 日立研究所内

 【氏名】 檜山 清志

【発明者】

 【住所又は居所】 茨城県日立市大みか町七丁目1番1号 株式会社日立製作所 日立研究所内

 【氏名】 加茂 友一

【発明者】

 【住所又は居所】 広島県呉市宝町3番36号 バブコック日立株式会社 呉研究所内

 【氏名】 今田 典幸

【発明者】

 【住所又は居所】 広島県呉市宝町6番9号 バブコック日立株式会社 呉事業所内

 【氏名】 岡野 哲朗

【発明者】

【住所又は居所】 広島県呉市宝町3番36号 バブコック日立株式会社
呉研究所内

【氏名】 加来 宏行

【特許出願人】

【識別番号】 000005108

【氏名又は名称】 株式会社日立製作所

【特許出願人】

【識別番号】 000005441

【氏名又は名称】 バブコック日立株式会社

【代理人】

【識別番号】 100068504

【弁理士】

【氏名又は名称】 小川 勝男

【電話番号】 03-3661-0071

【選任した代理人】

【識別番号】 100086656

【弁理士】

【氏名又は名称】 田中 恭助

【電話番号】 03-3661-0071

【先の出願に基づく優先権主張】

【出願番号】 特願2001-203429

【出願日】 平成13年 7月 4日

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 081423

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1
【包括委任状番号】 9003094
【包括委任状番号】 9107613
【包括委任状番号】 9403294
【包括委任状番号】 9502826
【その他】 国等の委託研究の成果に係る特許出願（平成12年度新
エネルギー・産業技術総合開発機構（再）委託研究、産
業活力再生特別措置法第30条の適用を受けるもの）
【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 水素製造装置及びそれを用いた発電システム

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 空気、酸素または酸化剤と共に、少なくとも一種類の原料を反応部に供給し、所定の化学反応によって水素を製造する水素製造装置であって

前記原料については、要求水素製造量に応じて予め定めた複数の設定値の何れかを選択して、各原料それぞれの供給量を設定するようにし、

前記空気、酸素または酸化剤については、前記反応部の温度が所望の温度範囲になるように、当該空気、酸素または酸化剤の供給量を可変制御するようにしたことを特徴とする水素製造装置。

【請求項 2】 空気、酸素または酸化剤と共に、少なくとも一種類の原料を反応部に供給し、所定の化学反応によって水素を製造する水素製造装置であって

前記原料については、個々に所定の流量を与えるようにした複数の弁の開閉の組合せによって、各原料それぞれの供給量を設定するようにし、

前記空気、酸素または酸化剤については、前記反応部の温度が所望の温度範囲になるように、流量可変な弁の開度を制御して当該空気、酸素または酸化剤の供給量を設定するようにしたことを特徴とする水素製造装置。

【請求項 3】 空気、酸素または酸化剤と共に、少なくとも一種類の原料を反応部に供給し、所定の化学反応によって水素を製造する水素製造装置であって

前記原料については、個々に所定の流量を与えるようにした複数の弁の開閉の組合せによって、各原料それぞれの供給量を設定するようにし、

前記空気、酸素または酸化剤については、前記反応部の温度が所望の温度範囲になるように、当該空気、酸素または酸化剤の供給圧力を制御して供給量を設定するようにしたことを特徴とする水素製造装置。

【請求項 4】 空気、酸素または酸化剤と共に、少なくとも一種類の原料を反応部に供給し、所定の化学反応によって水素を製造する水素製造装置であって

前記原料については、個々に所定の流量を与えるようにした複数弁の開閉の組合せによって、各原料それぞれの供給量を設定するようにし、

前記空気、酸素または酸化剤については、前記反応部の温度が所望の温度範囲になるように、吐出量を制御可能なプロアの当該吐出量を制御して、当該空気、酸素または酸化剤の供給量を設定するようにしたことを特徴とする水素製造装置。

【請求項 5】 空気、酸素または酸化剤と共に、少なくとも一種類の原料を反応部に供給し、所定の化学反応によって水素を製造する水素製造装置であって

前記原料については、要求水素製造量に応じて予め定めた $n 1$ 通りの設定値の何れかを選択して、各原料それぞれの供給量を設定するようにし、

前記空気、酸素または酸化剤については、予め定めた $n 2$ 通りの設定値の何れかを選択して、当該空気、酸素または酸化剤の供給量を設定するようにし、かつ $n 1 < n 2$ の関係に設定したことを特徴とする水素製造装置。

【請求項 6】 空気、酸素または酸化剤と共に、少なくとも一種類の原料を反応部に供給し、所定の化学反応によって水素を製造する水素製造装置であって

前記空気、酸素または酸化剤と前記原料の各供給系には、それぞれに流量設定手段を設け、

前記流量設定手段のうち少なくとも一つは、所定時間周期 $T 1$ のうち所定時間 $T 2$ の間だけ前記供給系を開くと共に、 $T 1$ 時間の平均供給量が所望の値になるように流量設定したことを特徴とする水素製造装置。

【請求項 7】 請求項 6 において、

要求水素製造量の切替えなど、水素製造運転の状態に応じて、前記 $T 2$ の値を変えらるるようにしたことを特徴とする水素製造装置。

【請求項 8】 請求項 1 から 6 のいずれかにおいて、

上記の各原料は二種類であって、水とメタンであることを特徴とする水素製造装置。

【請求項 9】 請求項 1 から 6 のいずれかにおいて、

上記の各原料は二種類であって、水とメタノールであることを特徴とする水素製造装置。

【請求項 10】 請求項 1 から 6 のいずれかにおいて、

上記の各原料は一種類であって、メタノール水溶液であることを特徴とする水素製造装置。

【請求項 11】 請求項 1 から 6 のいずれかにおいて、

前記水素製造装置は、発熱反応と吸熱反応とを併用する併用改質法により、水素を製造することを特徴とする水素製造装置。

【請求項 12】 請求項 1、5 または 6 において、

前記空気、酸素または酸化剤と前記原料の各供給系に設けられる流量設定手段のうち少なくとも一つは、並列配管された開閉弁であることを特徴とする水素製造装置。

【請求項 13】 請求項 12 において、

前記開閉弁の少なくとも一つに、定流量弁を直列配管することを特徴とする水素製造装置。

【請求項 14】 請求項 12 において、

前記開閉弁の少なくとも一つに、整圧器を直列配管することを特徴とする水素製造装置。

【請求項 15】 請求項 12 において、

前記空気、酸素または酸化剤の流量設定手段は、吐出量を制御可能なブローであることを特徴とする水素製造装置。

【請求項 16】 水素製造装置を備え、この水素製造装置で製造された水素を原料として発電する燃料電池発電システムにおいて、

前記水素製造装置は、請求項 1 乃至 15 のいずれかに記載の水素製造装置を用いたことを特徴とする燃料電池発電システム。

【請求項 17】 請求項 16 において、

前記水素製造装置の出力後段に、水素貯蔵手段を備えたことを特徴とする燃料電池発電システム。

【請求項 1 8】 水素製造装置と、この装置で製造された水素を用いて発電する燃料電池を備えた家庭用あるいはビル用の分散電源において、

前記水素製造装置は、請求項 1 乃至 1 5 のいずれかに記載の水素製造装置を用い、前記燃料電池は、固体高分子形燃料電池を用いたことを特徴とする分散電源

【請求項 1 9】 請求項 1 8 において、

前記燃料電池で発生する排熱を冷却水によって回収し、温水として利用する手段を設けたことを特徴とする分散電源。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】

本発明は、空気（あるいは酸素もしくは酸化剤）と、炭化水素や水などの原料とから、水素を含むガスを製造する水素製造装置（改質器）、及びそれを用いた燃料電池発電システムに関する。

【0 0 0 2】

【従来技術】

工業的な水素の製造プロセスには、種々の手法が知られている。富永博夫、玉置正和監修『化学反応と反応器設計』（丸善株式会社、1 9 9 6）、2 2 1 頁の記載によると、①水の電気分解、②石炭・コークスのガス化、③炭化水素の水蒸気改質、④炭化水素の部分酸化、⑤炭化水素の脱水素といったプロセスが示されている。歴史的には、①と②の方法がプロセスの先駆けであるが、現在では、石油系、天然ガス系の炭化水素を原料とする③や④の手法が主流である。

【0 0 0 3】

これらのプロセスは、アンモニア合成用水素製造を主目的に開発されたものであるが、水素を主要な原料の一つとして発電をする燃料電池発電システムにおいても、水素製造の基本プロセスとして適用が検討されている。

【0 0 0 4】

一例として、特開 2 0 0 0 - 5 3 4 0 3 号公報には、メタノール水溶液を原料に、水蒸気改質反応と部分酸化反応とを組合わせた水素製造プロセスの制御法が

開示されている。この制御法によれば、反応部の温度をモニタしながら、反応熱を考慮した理論反応モデルに基き、供給酸素量がリアルタイムに演算され、決定される。一般に、理論反応モデルをベースに供給原料量を制御すると、詳細な反応制御、中でも反応温度の安定化が容易になる。

【0005】

ここで、反応温度の安定化は、併用改質方式（オートサーマル改質方式）と呼ばれる水素製造方式を採用する場合、特に重要である。

【0006】

併用改質方式の特徴は、吸熱反応である水蒸気改質反応と、発熱反応である部分酸化反応とを組合せ、両反応のバランスによって、反応に必要な温度を維持する点にある。反応のバランスは、供給原料量の調節によって実現する。反応に必要な熱の供給が自立的に賄われるため、外部加熱手段が不要となり、結果として装置が簡略化され、同時に、水素製造効率の高い水蒸気改質反応の特徴を活かすことができる。

【0007】

逆に、併用改質方式の特徴を活かすには、外乱の予想される実用環境下でも反応温度を維持できる供給原料量の制御が必要になる。もちろん、併用改質方式以外の方式においても、反応の安定化が実用上重要であることは言うまでもない。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、上記引用例に示される制御方式によると、制御に必要なハードウェアも自然と高度なものにならざるを得ない。何故なら、各種の原料流量を正確に検出し、その結果をもとに詳細な制御をするためには、それぞれに高度な流量検出・制御装置が必要となるからである。結果として、システム全体がコスト高となり、限られた応用分野にしか適用できなくなるという課題があった。

【0009】

ここで、もし低コスト化を目的に、水素製造に係る全ての原料について、供給量の簡易な検出・制御、またそれに伴う簡便なハード構成を採用すると、実用面での反応の安定化、特に方式併用改質の場合には、反応温度の維持が困難になる

という課題があった。

【 0 0 1 0 】

本発明の目的は、上記課題に鑑み、反応温度の維持が可能でかつ簡易に制御が行なえる水素製造装置、及びそれを用いた燃料電池発電システムを提供することにある。

【 0 0 1 1 】

【課題を解決するための手段】

本発明は、上記課題に鑑み、反応の安定化、特に反応温度の維持に必要な供給原料についてのみフィードバック制御を実施し、その他の供給原料については、要求水素製造量に応じて予め決めた設定値に従って、オープンループ制御で原料を供給する方式を提案する。

【 0 0 1 2 】

理論反応モデルをベースとして、リアルタイムに供給量を計算する方法とは異なり、目標温度と測定温度との偏差に基くフィードバック制御では、制御的な負荷が小さい。また、想定した反応モデルと実反応との違いによって、無理な制御が加わる心配がない。加えて、フィードバックの対象とする供給原料以外については、要求水素製造量毎に所定の流量を選択すればよいので、高度な流量検出・制御のための装置が不要となる。

【 0 0 1 3 】

要求水素製造量として、幾通りの製造量を想定するかは、応用分野により異なるが、例えば家庭用分散電源としての燃料電池発電システムの場合、停止を含めて高々数通りあるいはそれ以下の組合せで応用が可能である。

【 0 0 1 4 】

ここで、反応温度の維持に必要な供給原料として我々が注目したものは、空気あるいは酸素、または同等の役割を担うことのできる酸化剤である。

【 0 0 1 5 】

酸化反応を促進するための触媒を、反応後、密閉された容器から外に出すと、再び急激な発熱を開始する場合がある。これは触媒表面に残留した原料が空気中の酸素に触れた結果、酸化反応が促進されて生じる現象である。つまり、供給す

る空気（酸素、酸化剤）の量を制御することで、速やかに且つ確実に温度を調節できることが分かる。以下では、空気、酸素または酸化剤を特別に扱い、各原料と言った場合には、供給原料のうち空気、酸素または酸化剤以外の原料を指すものとする。

【0016】

上記課題を解決する本発明は、次の通りである。

【0017】

空気、酸素または酸化剤と共に、少なくとも一種類の原料を反応部に供給し、所定の化学反応によって水素を製造する水素製造装置であって、前記原料については、要求水素製造量に応じて予め定めた複数の設定値の何れかを選択して、各原料それぞれの供給量を設定するようにし、前記空気、酸素または酸化剤については、前記反応部の温度が所望の温度範囲になるように、当該空気、酸素または酸化剤の供給量を可変制御するようにしたことを特徴とする。

【0018】

上記において、複数の設定値とは、外乱の比較的少ない環境で、要求水素製造量を安定に実現できる各原料の供給量を意味する。実用環境で生じ得る一時的、突発的な反応の変動、特に温度変動については、前記空気、酸素または酸化剤の供給量にフィードバック制御を施して必要な調節をするようにしている。

【0019】

また、別の手段は、空気、酸素または酸化剤と共に、少なくとも一種類の原料を反応部に供給し、所定の化学反応によって水素を製造する水素製造装置であって、前記各原料については、個々に所定の流量を与えるようにした複数弁の開閉の組合せによって、前記各原料それぞれの供給量を設定するようにし、前記空気、酸素または酸化剤については、前記反応部の温度が所望の温度範囲になるように、流量可変な弁の開度、空気、酸素または酸化剤の供給圧力、ブロー吐出量のうちの少なくとも一つを制御して、供給量を設定するようにしたことを特徴とする。

【0020】

上記において、開閉のみが必要とされる弁（以下、開閉弁と呼ぶ）は、流量制

御を目的とした調節弁より比較的安価であり、制御も容易である。そこで、空気、酸素または酸化剤には流量制御のための調節弁や供給圧力、ブロー回転数の制御を採用し、その他の各原料については、比較的安価で扱い易い開閉弁の組み合わせを採用するようにしている。

【0021】

また、別の手段は、空気、酸素または酸化剤と共に、少なくとも一種類の原料を反応部に供給し、所定の化学反応によって水素を製造する水素製造装置であって、前記各原料については、要求水素製造量に応じて予め定めた $n1$ 通りの設定値の何れかを選択して、当該各原料それぞれの供給量を設定するようにし、前記空気、酸素または酸化剤については、予め定めた $n2$ 通りの設定値の何れかを選択して、当該空気、酸素または酸化剤の供給量を設定するようにし、ここで、 $n1 < n2$ としたことを特徴とする。

【0022】

上記において、空気、酸素または酸化剤とその他各原料とは、何れも離散的な流量値を採るようにしているが、条件 $n1 < n2$ を満たすことで、空気、酸素または酸化剤については、その他各原料よりも細かいステップで制御ができるようにしている。

【0023】

また、別の手段は、空気、酸素または酸化剤と共に、少なくとも一種類の原料を反応部に供給し、所定の化学反応によって水素を製造する水素製造装置であって、前記空気、酸素または酸化剤と前記各原料の供給系には、それぞれに流量設定手段を設け、当該流量設定手段の少なくとも一つは、所定時間周期 $T1$ のうち所定時間 $T2$ の間だけ供給系を開くと共に、 $T1$ 時間の平均供給量が所望の値になるように流量設定したことを特徴とする。また、要求水素製造量の切替えなど、水素製造運転の状態に応じて、前記 $T2$ の値を変えるようにしたことを特徴とする。

【0024】

上記において、前記流量設定手段には、開閉時間を制御した開閉弁を採用することができ、要求水素製造量に応じて、弁の開放時間に相当する前記定時間 $T2$

を可変としている。また、空気、酸素または酸化剤の流量設定手段については、前記 T 2 を、反応温度等に関するフィードバック量についても可変としている。

【 0 0 2 5 】

上記した何れかの手段によれば、比較的高度なハードウェアを要する制御を空気、酸素または酸化剤の流量制御に限定し、他の原料については、要求水素製造量に応じて予め記憶した値のみを設定する比較的簡便なハードウェアを使用しているため、全体に低コストでありながら、温度制御については実用的安定性を実現し得る水素製造装置を提供することができる。

【 0 0 2 6 】

更に、本発明に係る水素製造装置の応用として、当該水素製造装置を内部水素供給源として用いた燃料電池発電システムがある。

【 0 0 2 7 】

燃料電池応用を考える場合、水素製造量の切替え時に生じるステップ的変動や、上記開閉弁の時間制御によって生じ得る供給水素量の脈動が好ましくない場合がある。

【 0 0 2 8 】

これに対する解決の手段は、上記本発明に係る水素製造装置の出力後段に、水素貯蔵手段（バッファタンク）を備えたことを特徴とする燃料電池発電システムである。この手段によれば、上記ステップ的変動や脈動は、水素貯蔵手段（バッファタンク）で吸収され、低減されるようになる。

【 0 0 2 9 】

【発明の実施の形態】

本発明の実施の形態について、図面を用いて詳細に説明する。各図面を通じて同じ、あるいは同等の要素には同一の符号を付してある。

【 0 0 3 0 】

図 1 は本発明第 1 の実施例に係る水素製造装置とそれを用いた燃料電池発電システムのブロック図を示す。図中、1 は当該水素製造装置への供給原料を示す。当該供給原料のうち、1 c は空気あるいは酸素、または同等の役割を担うことのできる酸化剤を、1 a、b はそれ以外の各原料を代表して示している。本実施例

において、各原料は二種類であり、例えば原料 1 (1 a) はメタン、原料 2 (1 b) は水である。

【 0 0 3 1 】

2、3 は各供給原料の供給流量を設定するための流量設定手段である。流量設定手段の具体例は、以下の各図面で順に説明するが、原料 1 a、b に対応する流量設定手段 2 a、b に離散的な流量設定に適した流量設定手段を使用し、原料 1 c に対応する流量設定手段 3 に連続的な流量設定に適した流量設定手段を使用した点に、本実施例の構造的特徴がある。

【 0 0 3 2 】

ここで、離散的とは、設定の対象とする流量値が、例えば弁の開閉のように離散的に決められることを意味する。また、連続的とは、設定の対象とする流量値が、例えば弁の開度を調節可能な調節弁のように、連続的に決められることを意味する。

【 0 0 3 3 】

流量設定手段 3 については、仮に連続的な流量設定ができなくても、流量設定手段 2 a、b と比較して多段階の流量設定が可能であれば、本発明の効果を著しく損なうことはない。一例として、流量フィードバック制御時に、各段階に応じた流量値を時間的に切り替えて設定すれば、流量設定の精度は劣るものの、近似的には連続的な流量設定とみなすことができる。

【 0 0 3 4 】

流量設定手段 2 a、b については、逆に連続的な流量設定可能な流量設定手段を使いながら、限られた流量設定値のみを選択して使用するようにしてもよい。一例として、メタンなどの気体燃料供給量をブロアやファンなどの回転数制御で実施する場合には、当該回転数を所定の値のみ離散的に設定すればよい。弁の開度調節で原料供給量を制御する場合も、同様に所定の開度のみ選択的に設定すればよい。

【 0 0 3 5 】

以下の実施例では、上記相異なる流量設定法の組合せを分かりやすくするため、離散的な流量設定に適した流量設定手段には開閉弁の組合せを、連続的な流量

設定に適した流量設定手段にはブローヤや上記調節弁を代表的な例として取り上げ、説明をしていく。

【0036】

4は、各供給原料から所定の化学反応によって水素を製造する原料改質調整手段である。5は、原料改質調整手段4によって製造された水素リッチガス13を使って発電をする発電手段であり、具体的には燃料電池である。燃料電池として、特に固体高分子型燃料電池（PEFC）を使用すると、80℃程度の比較的低い温度で、小型の発電システムを組むことができる。

【0037】

燃料電池の種類によっては、特定種類のガス、例えば一酸化炭素が発電に悪影響を及ぼすため、この種類のガスを予め除去ないしは低減しておく必要がある。また、供給原料に含まれる硫化物など特定成分を改質反応前に除去しておく方が望ましい場合もある。原料改質調整手段4では、こうしたガス組成の調整も内部で実施する。

【0038】

6は、要求水素製造量の指令値101に応じて、流量設定手段2、3に流量設定値を与える流量選択手段である。7は、要求水素製造量に応じて設定すべき、各流量設定手段2、3の流量設定値を記憶しておくための記憶手段である。8は、原料改質調整手段4の運転状態に係る量、例えば改質反応部の代表温度を計測し、流量設定手段3に対してフィードバック制御をするフィードバック手段である。

【0039】

なお、11a、b、cは原料供給の流れを、12a、b、cは流量設定された後に原料改質調整手段4へ供給される原料の流れを、13は原料改質調整手段4の所定化学反応の結果得られた水素リッチな生成ガスを、14は発電手段5の発電によって得られた電気的な出力をそれぞれ示す。

【0040】

次に、第1の実施例に係る水素製造装置の働きについて説明する。最初に、水素製造装置に対して、要求水素製造量の指令101が与えられる。指令101は

、外部からユーザが与えるようにしてもよいし、あるいは内部シーケンスの中で自動的に与えるようにしてもよい。指令 1 0 1 の値は、例えば、単位時間当りの水素製造量が標準状態でどのくらいの体積であるといった数値情報であってもよいし、水素製造の運転状態が低負荷運転であるといった運転モードを指定するものであってもよい。

【 0 0 4 1 】

流量選択手段 6 は、これらの各指令値に応じて、記憶手段 7 から一組の流量設定値 1 0 2 b を読み出す (1 0 2 a) 。また、得られた情報に基づき、各流量設定手段 2 a 、 2 b 、 3 に流量設定信号 1 0 3 a 、 b 、 c を出力する。これにより、各供給原料毎に、予め決めておいた望ましい流量が設定され、原料改質調整手段 4 に供給される。

【 0 0 4 2 】

原料改質調整手段 4 では、所定の化学反応を経て、要求水素製造量に応じた水素を含む水素リッチガス 1 3 が出力され、燃料電池などの発電手段 5 に供給される。原料改質調整手段 4 の化学反応が理想的に安定であれば、これ以上の制御は不要であるが、実用環境では、予期せぬ内的外的要因により、反応が不安定になる場合がある。

【 0 0 4 3 】

これに対するフィードバック制御として、所定の化学反応に係る反応温度 1 0 4 を検出し、これが所定の温度あるいは温度幅からずれた場合に、ずれ量に応じて流量設定手段 3 の設定流量値を増減させる (1 0 5) 。

【 0 0 4 4 】

この補正後の流量設定値を算出するため、図 1 のフィードバック手段 8 は、流量選択手段 6 の出力 1 0 3 c を併せて参照している。ここで、流量設定手段 3 は、最も速やかに且つ確実に反応温度を変更できる空気 (あるいは酸素/酸化剤) の量を調節する。フィードバックの結果を流量補正に的確に反映するため、流量設定手段 3 には、例えば調節弁のように、連続的流量設定に適した流量設定手段を使うことが望ましい。

【 0 0 4 5 】

一方、その他各原料の流量設定にはフィードバック制御を施さず、要求水素製造量に応じた値の設定のみを実施するようにした。このため、流量設定手段 2 a、b には、例えば電磁弁のように、比較的安価で制御容易な、離散的流量設定に適した流量設定手段を使うことができる。

【0046】

このように、空気（あるいは酸素もしくは酸化剤）1 c の流量設定手段 3 には温度フィードバックを施す一方、その他各原料 1 a、b の流量設定手段 2 a、b には、要求水素製造量 1 0 1 に応じて流量値を設定するオープンループ制御を適用した組合せに、本発明における制御面の特徴がある。

【0047】

なお、図 1 の実施例では、各部の機能を明確にするため、流量選択手段 6、フィードバック手段 8 とは別に、記憶手段 7 を示している。しかし、記憶手段 7 は、流量選択手段 6、フィードバック手段 8 の少なくとも一方と一体に構成してもよい。

【0048】

また、水素製造の反応停止時、原料改質調整手段 4 を適正な状態に保持するため、原料供給は停止状態でありながら、内部のガスを循環させ続ける場合がある。このリサーキュレーションのためのガス流は、原料供給のための流量設定手段 2 a、2 b、3 とは別に、原料改質調整手段 4 の内部に設けることができる。あるいは、原料改質調整手段 4 の出力ガス 1 3 を流量設定手段上流に戻すバイパス配管とガス流切替えのための弁を追加し、流量設定手段 2 a、2 b、3 の少なくとも一つの入力ガスを切替えて、上記リサーキュレーションを実施するようにしてもよい。

【0049】

さらに、指令 1 0 1 には、要求水素製造量指令そのものではなく、要求水素製造量と相関のある別の量に係る指令値を使ってもよい。一例として、燃料電池 5 の出力 1 4 に関する指令値を使うと、電池の動作を主体としたシステム構成が容易である。この指令値としては、出力 1 4 の電流値や電圧値、また出力パワー（ワット数）といった数値を使用してもよいし、あるいは低負荷、中負荷、高負荷

といった電池の出力モードであってもよい。

【0050】

また、別の例として、所定の発電出力を得るのに必要となる水素消費量に対して、どのくらい水素を供給するかを示す燃料利用率を指令値101としてもよい。一般に燃料利用率が大きくなると、所定電力量の発電をする上で電池への負担が大きくなる。逆に燃料利用率を小さくすると、無駄な水素を供給する割合が大きくなる。したがって、燃料利用率を指令値101とする場合には、所望の燃料利用率の実現が容易になる。

【0051】

本実施例によれば、内的・外的要因による一時的、突発的な反応の不安定化に適切に対処できる。ここで、適切とは、以下の内容を意味する。

【0052】

一時的、突発的な反応の不安定化に対して、例えば適正な反応温度を維持するように供給原料量全体の組合せを制御しようとする、制御後の原料供給量は、もともと不安定要因がなければ要求水素製造量を安定に実現できていた条件を敢えて変化させたものになる。反応には応答遅れが伴うことを考えると、当該制御自体が新たな外乱要因になる危険性がある。これを回避しながら、一時的、突発的な変動に応じて反応を変化させ、変動の回復後に再び元の安定状態に収束させるためには、一般に原料供給量の詳細制御が不可欠になる。結果として、対応するハードウェア（流量設定手段）も高度なものにならざるを得ない。

【0053】

これに対し、本発明では、空気（または酸素もしくは酸化剤）以外の各原料については、本来反応が安定であれば必要とされる原料供給量を維持したまま、反応の一時的、突発的な不安定化に対しては、空気（または酸素もしくは酸化剤）の量を調節して反応温度を維持し、これにより反応の安定化を図るようにしている。このため、外乱変動に対する制御応答が早いばかりでなく、この制御自体が新たな変動要因となる危険性が少ない。

【0054】

また、構造や制御が複雑になりがちな流量設定手段についてみれば、空気（酸

素・酸化剤)以外の流量設定手段に対しては、詳細な流量制御を不要としているので、比較的構造が簡単で、且つ制御の容易な流量設定手段を使うことができる。結果として、ハードウェアとソフトウェアの両面から、システム全体を低コストに提供できる。

【0055】

なお、図1の記憶手段7に記憶される情報は、要求水素製造量毎に流量設定値の組を割り当てたマップであってもよいし、要求水素製造量に応じて流量設定値を算出できるようにした函数であってもよい。流量選択手段6は、記憶手段7から得られた情報をそのまま利用してもよいし、複数の情報を基に補間等の演算を施して各流量設定値を算出するようにしてもよい。しかしながら、本発明の効果を最も引き出すには、できるだけ簡単な設定法が望ましい。

【0056】

次に、流量設定手段の構造とその流量設定法について説明する。図2に第1の実施例に係る離散的流量設定手段の一例を説明する。図2(a)で、21aは供給原料の流れ11aに対する分岐手段である。分岐手段21aは、例えば、それぞれ所望の流路抵抗を持たせた分岐配管を組合せて実現できる。流路抵抗は、配管自体の寸法や形状を変えて与えてもよいし、分岐手段21a内部の流路構造によって与えてもよい。

【0057】

22a、23aは、所定の信号をトリガに、開閉動作のできる開閉弁である。例えば、玉型弁やピンチ弁などのように、連続的に流量変化のできる調節弁を使って開閉動作をさせることもできるが、本実施例の開閉弁としては、制御を容易にするため、例えば電磁弁のように、専ら開閉動作を目的とした弁の使用が望ましい。開閉弁22aと23aは、後述の流量調節のため、入力に対して並列配管としている。

【0058】

24aは流れの結合手段である。結合手段24aの構造は、基本的に上流側の2つの配管を結合させるようにすればよいが、原料の逆流を抑制するため、例えば2つの配管を二重配管にした後、合流させたり、あるいは流体の逆止構造を併

用してもよい。

【0059】

上記のように、分岐手段21a、結合手段24a、及び並列配管された開閉弁22a、23aにより、図1の離散的流量設定手段2a(2b)を構成した。

【0060】

次に、図2の流量設定手段の働きについて説明する。図中、103aは流量選択手段6が出力する流量設定のための信号であり、開閉弁1(22a)と開閉弁2(23a)それぞれに対する開閉信号の組である。各開閉信号の組み合わせで、遮断(停止)を含めた4通りの流量設定ができる。4通りの中間の流量については、設定対象としないので、離散的流量設定手段という呼び方をした。

【0061】

ここで、開閉弁1(22a)が開いた場合の流量が、開閉弁2(23a)が開いた場合の流量より少なくなるように、分岐手段21aの分岐流量を調節しておくと、弁の開閉と原料1(11a)の供給流量との関係は、図2(b)の表のようになる。

【0062】

開閉弁1、2を共に閉にした場合は、供給流量がゼロであり、これは図1の原料改質調整手段4において、反応を停止し、新たな水素製造をしない場合に対応する。開閉弁1、2の一方のみを開にした場合は、それぞれ低流量、中流量の原料供給に対応する。更に、開閉弁1、2を共に開にすれば、低流量と中流量のほぼ合計の流量である高流量の原料供給ができる。

【0063】

水素製造量に応じた原料の供給ができるように、予め分岐手段21aの分岐流量を設定しておけば、上記4通りの原料供給の組合せは、それぞれ水素製造の停止、低流量運転(初期運転)、中流量運転、高流量運転(定格)に対応させることができる。

【0064】

例えば、要求水素製造量指令101として、低流量運転(初期運転)の指示があれば、流量選択手段6は、記憶手段7の情報として、開閉弁1を開に、開閉弁

2を閉にするように、信号103aを出力する。図1の原料2(11b)についても、要求水素製造量指令101に応じて、同じ方法で流量設定できる。

【0065】

なお、開閉弁1、2の組合せを利用すると、原料改質調整手段4の自己診断をすることもできる。一例として、水素製造のための反応が適正であれば、供給原料の増加に応じて、所定の割合で、水素製造量が増加するが、例えば反応に使用される触媒が劣化し、適正な反応状態が得られなくなると、供給原料を増加させても水素製造量は増加しなくなる。あるいは、初期の状態とは異なる挙動を示すようになる。

【0066】

そこで、上記開閉弁1、2の開閉の組合せと、例えば、製造水素量や燃料電池出力との相関を診ることにより、システムの経時劣化や故障を検出できる。また、当該相関変化の割合を捉え、傾向を外挿すれば、劣化や異常の予測をすることもできる。その結果、例えば運転モードを劣化モードや故障モードに切替えたり、適切な警告信号を発したりすることができる。当該運転モードの切替えに必要な供給原料の変更値は、図1の記憶手段7に予め記憶しておくことができる。

【0067】

上記の自己診断は、通常の運転状態の中でデータをサンプリングして実施してもよいし、あるいは所定の診断モードにおいて実施するようにしてもよい。診断モードへの切替えは、例えば装置の立ち上げ時や、電力負荷の少ない夜間などに実施することができる。

【0068】

また、上記開閉弁の数は必ずしも2つに限るものではない。より多くの開閉弁を同様に並列配管し、開閉の組み合わせを制御すれば、より細かい流量設定が可能になる。その組合せ数は2のべき乗で増加するので、少数の開閉弁の追加でも十分な組合せ数の増加を得ることができる。

【0069】

上記した第1の実施例に係る図2の離散的流量設定手段によれば、例えば電磁弁のように、構造が簡単で制御も容易な開閉弁を高々2つ並列に組合わせること

で、反応停止を含む実用的な 4 段階の水素製造運転に対応することができる。

【 0 0 7 0 】

また、各開閉弁の開閉の組み合わせによる、比較的簡単な制御で十分な動作が可能であるため、実用環境において制御や動作の誤りが起こりにくい。このため、実用面での信頼性を向上できる。

【 0 0 7 1 】

図 3 に、第 1 の実施例に係る離散的流量設定手段の別の例を説明する。流れの分岐手段 2 1 a、開閉弁 1 (2 2 a)、開閉弁 2 (2 3 a)、流れの結合手段 2 4 a は、図 2 に説明した離散的流量設定手段と同じである。図 3 の離散的流量設定手段では、開閉弁 1 (2 2 a)、開閉弁 2 (2 3 a) の後段に、流量調整手段 1 (2 5 a)、流量調整手段 2 (2 6 a) をそれぞれ設けるようにした。

【 0 0 7 2 】

この流量調整手段としては、例えば、定流量弁や整圧器 (ガバナ) を使用する。定流量弁とは、流れの一次圧 (上流側圧力) あるいは二次圧 (下流側圧力) に変動があっても、設定した流量を保持するものである。例えば、内部に一次圧、二次圧の差圧を調節するための機械的機構を備え、差圧一定の条件下に流路断面積を一定に保つことで、所定の流量を維持する方法が知られている。開閉弁の後段に定流量弁を設ければ、流れの分岐手段 2 1 a による分流とは独立に所定の流量を設定できる。

【 0 0 7 3 】

整圧器 (ガバナ) とは、流れの圧力を所定の圧力に調節するものである。例えば、内部に流路面積可変な多孔板など、圧力損失を調節するための機構を備え、出口側圧力を参照しながら圧力損失を調節することで、所定の出口圧を維持する方法が知られている。開閉弁の後段に整圧器 (ガバナ) を設ければ、流れの分岐手段 2 1 a による分流とは独立に所定の圧力を設定でき、流路に特有な流れの抵抗に応じて、所定の流量を設定できる。

【 0 0 7 4 】

次に、図 3 の流量設定手段の働きについて説明する。一例として、上記流れの分岐手段 2 1 a は、開閉弁 1 (2 2 a)、開閉弁 2 (2 3 a) に対し、同じ流量

の原料を分岐し、供給する。開閉弁 1 (22a)、開閉弁 2 (23a) をそれぞれ開にした場合の流量は、流量調整手段 1 (25a)、流量調整手段 2 (26a) それぞれを使って、独立に設定するようにした。専用の流量設定手段を使用するので、開閉弁 1 (22a)、開閉弁 2 (23a) の設定流量をより正確に設定することができる。その他の構成要素は、図 2 と同じである。

【0075】

なお、図 3 の開閉弁 1 (22a) と開閉弁 2 (23a) には、それぞれ流量調整手段 1 (25a) と流量調整手段 2 (26a) を設けるようにしたが、厳密な流量設定が不要な場合には、当該流量調節手段を開閉弁 1、2 の何れか一方のみに直列配管するようにしてもよい。例えば、流量調節手段 1 (25a) のみを使用する場合、開閉弁 1 (22a) の流量は当該流量調節手段で与えられる一方、開閉弁 2 (23a) の流量は分岐手段 21a の分岐流量で与えられる。

【0076】

第 1 の実施例に係る図 3 の離散的流量設定手段によれば、各開閉弁の流量設定に流量調節手段を使用するので、開閉弁の上流側 (1 次側)、下流側 (二次側) の流れの状態が変動し、例えば一次圧あるいは二次圧に変化があっても、常に正しい設定流量を供給し続けることができる。

【0077】

また、流れの分岐手段 21a には流量設定のための機能が不要となるので、当該分岐手段の構造を簡単にできる。

【0078】

図 4 に第 1 の実施例に係る連続的流量設定手段の一例を説明する。図中、1c は水素製造の反応に使用する空気 (酸素、酸化剤) である。供給源として、空気や酸素を充填した高圧ガスボンベなどを使用してもよいが、図 4 では、より簡便に、大気中の空気を直接使用する場合を想定している。

【0079】

31 は、プロアである。後述のフィードバック制御のため、外部からの制御信号に従って、回転数可変なプロアを使用する。開閉弁の組み合わせ (図 2、図 3) と比べると、プロアの回転数は連続的に変更可能である。ここでは、設定流量

を連続的に変更できる流量設定手段を総括して、連続的流量設定手段という呼び方をした。その他の構成要素は、図 1 と同じである。

【 0 0 8 0 】

次に、図 4 の流量設定手段の働きについて説明する。ブローア 3 1 は、周囲からの空気の供給 1 1 c を受けて、原料改質調整手段 4 に空気 1 2 c を供給する。供給空気量は、ブローア 3 1 の回転数と相関がある。そこで、当該回転数を制御して、供給空気量を調節することができる。

【 0 0 8 1 】

フィードバック手段 8 は、原料改質調整手段 4 の水素製造に係る反応部の温度 1 0 4 を検出する。温度の検出には、熱電対や各種の温度センサを使用できる。白金素線のような電気的抵抗線を所定長さ配置し、当該抵抗線の抵抗変化を測定して温度を検出するようにしてもよい。

【 0 0 8 2 】

温度検出では、反応の代表個所の温度を検出してもよいし、平均温度を検出してもよい。代表個所として、例えば酸化反応の進む最高温度部を選択すると、温度の上限を所定値以下にするようなフィードバック制御が容易になる。平均温度の検出には、電気的抵抗線のような分布型温度センサを使用してもよいし、あるいは、複数の温度センサの出力を並列検出した後、フィードバック手段 8 にて平均値を演算してもよい。後者の場合、信号 1 0 4 は複数の温度信号をまとめて示すものとする。

【 0 0 8 3 】

フィードバック手段 8 は、要求水素製造量に応じて設定された空気流量情報 1 0 3 c を参照する。もとの設定情報 1 0 3 c を参照して、これに対する補正処理を実施する。図 4 の場合、当該空気流量を実現するブローア回転数情報を信号 1 0 3 c として直接使用してもよい。フィードバック手段 8 は、検出温度 1 0 4 が、予め定めた目標温度、あるいは温度幅からずれた場合に、当該ずれ量に応じて流量設定手段 3 の設定流量値を増減させるようにする。

【 0 0 8 4 】

ここで、設定流量の増減は、ブローア 3 1 の回転数の増減による。図 4 において

、フィードバック手段8がブロア31に出力する流量補正のための信号105は、補正後の回転数制御信号である。

【0085】

なお、ブロア31の前段または後段に、空気浄化のためのフィルタ手段を設けてもよい。これにより、塵や埃の多い環境でもシステムを安定に駆動することができる。また、同様に、除湿器を設けてもよい。これにより、空気に含まれる水分を除去できるので、原料改質調整手段4に、制御された量以上の水分が加わることがない。更に、ブロア31の後段には、絞り構造などの構造を設け、出力流量を調節してもよい。

【0086】

上記した第1の実施例に係る図4の連続的流量設定手段によれば、供給される空気（酸素、酸化剤）の量を、ブロアの回転数制御で連続可変に調節できるので、離散的流量設定手段（図2、図3）と比べると、流量を少し増やす、あるいは少し減らすといった流量補正が可能であり、比較的簡単な方法でこれを実施できる。一方で、離散的流量設定手段（図2、図3）と比べると、ブロアでは、流れの乱れなどにより、所定流量を一定に維持することが難しい場合もあるが、フィードバック手段8と組み合わせることにより、精度的な揺らぎや変化を補った使い方ができる。

【0087】

図5に第1の実施例に係る連続的流量設定手段の別の例を説明する。図中、32は空気の圧縮手段であり、空気を所望の圧力に昇圧する働きをする。空気の圧縮手段32として、圧縮機を利用できる。圧縮機には、例えば、遠心力の作用により気体を外周部に吐き出し、その際の圧力上昇を利用する遠心式、ねじや回転翼を使う回転式、ピストンの往復動を利用する往復式など、種々の方式がある。

【0088】

吐出圧力を制御するには、圧縮機の吸込弁や吐出弁の開度を調節するほか、圧力が増加した場合には風量を減少させ、圧力が減少した場合には風量を増加させる調節を実施すればよい。圧力を保持するため、圧縮機の後段にタンクを設けてもよい。もちろん、所定圧力まで空気を昇圧する目的に圧縮機を使用し、その後

、例えばブローオフ弁の開閉周期を変えて、出口側圧力を減圧し、供給圧力を調節するようにしてもよい。

【 0 0 8 9 】

3 3 は、圧縮機 3 2 の後段に設けた配管の絞りである。絞り 3 3 を設けることで、小型の圧縮手段に対して、昇圧など圧力調節が容易になる。その他の構成要素は、図 4 と同じである。

【 0 0 9 0 】

次に、図 5 の流量設定手段の働きについて説明する。圧縮手段 3 2 で圧縮された空気は、絞り 3 3 の後段に所定の流量で流出する。流出量は、絞り 3 3 の上下流の差圧で決まるが、下流側圧力は、反応系に開放されており、あまり大きく変動することがない。

【 0 0 9 1 】

そこで、絞り 3 3 から下流へ流出する流量は、上流側、つまり圧縮手段 3 2 の出力側圧力によって変わるので、例えば、圧縮機の吐出圧を制御すれば、原料改質調整手段 4 への供給流量 1 2 c を調節できる。この場合、フィードバック手段 8 が出力する流量補正のための信号 1 0 5 は、圧縮機の吐出圧制御信号である。圧力調節に、上記したブローオフ弁の開閉周期を利用する場合には、信号 1 0 5 は、当該開閉周期を制御するための信号である。何れの場合も、絞り 3 3 の上流側圧力を変えることで、供給流量を変えるようにしている。

【 0 0 9 2 】

なお、絞り 3 3 の下流側圧力に比較的大きな変動があったとしても、フィードバック手段 8 は、所定温度に必要な空気流量を維持するよう、例えば、圧縮機吐出圧を自動的に補正する。つまり、下流側の圧力変動が、圧縮手段 3 2 の圧縮能力を上回るものでなければ、フィードバック制御上、問題になることはない。

【 0 0 9 3 】

第 1 の実施例に係る図 5 の連続的流量設定手段によれば、圧力を介して供給流量を制御するので、原料供給中に生じ得る原料供給ライン内の圧力ドリフトや変動を自然に抑制できる。

【 0 0 9 4 】

例えば、所定流量を維持するように流量制御をしていると、供給流体の圧縮性によって配管内圧力が次第に増加し、流量設定手段の許容値を超えて破綻をきたしたり、配管部の温度変動など外乱により、配管内圧力が脈動して流量設定に悪影響を及ぼす場合が考えられる。しかし、圧力を介して流量を制御する本実施例の方法では、通常の制御でこうした現象を回避できる。

【0095】

図6に第1の実施例に係るフィードバック手段の制御法の一例を説明する。まず、流量設定手段6（図1）の流量設定信号103cに基き、設定流量（Q）を読み込む。

【0096】

次に、設定流量（Q）を、初期値あるいは以前に読み込んだ流量設定値と比較し、設定流量に変更があるかないかを判断する（プロセスA）。ここで、設定流量に変更がある場合には、反応が落ち着くまでの時間を考慮し、所定時間だけ待機する。設定流量に変更がない場合は、そのまま次のプロセスへ進む。

【0097】

次に、原料改質調整手段4の温度Tを、信号104として読み込む。次に、上記設定流量（Q）と観測温度（T）とから、連続的流量設定手段3に係るプロア回転数、あるいは圧縮機吐出圧などの補正値を算出する（プロセスB）。

【0098】

プロセスBの基本的な作業内容は、次のステップから成る。まず、設定流量（Q）に応じて、反応の目標温度 T^* を決める。目標温度 T^* はQによらず一定にしてもよい。あるいは、Qを変数とする函数として T^* を演算してもよい。また、Q毎に T^* の値が複雑に変わるような場合は、外部に別の記憶手段を設け、そこに記憶してもよい。

【0099】

次に、目標温度 T^* と観測温度Tとの温度差 $\Delta T = T^* - T$ を算出する。次に、温度差 ΔT を補正するために必要な空気流量の補正値 ΔQ を求める。 ΔQ の値は、 ΔT を変えた実験などにより予め決めておく。記憶の形態には、函数やマップ、補間を利用でき、場合によって別の記憶手段を併用してもよい。

【 0 1 0 0 】

次に、 ΔQ に対応するブロー回転数、あるいは圧縮機吐出圧などの補正値を求める。当該補正値は、 ΔQ を変えた実験などにより予め決めておく。記憶の形態には、 ΔQ と同様の方法を利用できる。

【 0 1 0 1 】

プロセスBの最後に、上記補正値を補正前の値に加算し、補正後の値（105）を算出する。一連の制御プロセスの最後に、補正後の値を新たなブロー回転数、あるいは圧縮機吐出圧などとして、連続的流量設定手段3に値（105）を出力する。以上の制御プロセスを繰り返すようにする。

【 0 1 0 2 】

図6の例では、温度差 ΔT に基づき補正値を算出し、これを繰り返し加算することで、積分制御（I制御）の特徴を有するようにした。もちろんプロセスBとして、その他の制御法を採ることもできる。

【 0 1 0 3 】

例えば、比例制御（P制御）の特徴を有するようにする場合は、温度差 ΔT から補正後の設定流量 Q を算出し、対応するブロー回転数、あるいは圧縮機吐出圧などの値を指令値として求めるようにする。この場合、補正値を逐次加算する処理はしない。

【 0 1 0 4 】

一例として、設定流量 Q に対する補正量 ΔQ を、温度差 ΔT に比例するように決める。この方法によると、 ΔT がゼロでないうちは設定流量 Q に補正量 ΔQ （ $\propto \Delta T$ ）が加えられるが、 ΔT がゼロとなると ΔQ もまたゼロとなり、設定流量は外乱変動がない初期の値 Q に回復できる。

【 0 1 0 5 】

外乱などによる反応変動が少ない場合は、比例制御が簡単で望ましい。これに対し、外乱による変動がある場合は、所定温度を実現する供給流量の値に定常的な偏差が生じる場合がある。定常偏差をなくすには積分制御がよい。水素製造のための反応が比較的安定であるものの外乱影響が無視できないような場合には、P制御とI制御とを組合せてもよい。

【0106】

図7に、P制御とI制御とを組合せた場合のフィードバック制御フローの一例を示す。また、図6に従って水素製造装置の運転モードを切り替える場合に、供給空気量と温度との相対変化を併せて示す。図7の例では、中負荷モードから高負荷モードへの切り替えを示しているが、その他のモード間の切り替えでもよい。

【0107】

モードの切り替えによって供給空気量はステップ的に変化する。その後、反応安定化のための待機時間を経て、フィードバック制御に入る。この時点で、反応器の代表温度が目標とする温度に達していないと、フィードバック制御の効果として、図7のように供給空気量が dQ_{air} 分だけ補正される。空気流量を一時的に増加することで、温度の上昇を促すようにしている。これによってモード切り替えに要する時間を短縮できる。その後、反応器の代表温度が目標とする温度に近づくと、補正量 dQ_{air} は次第に小さくなる。

【0108】

上記フィードバック制御では、各運転モード毎に予め設けた目標温度 T^* と検出温度 T （反応器の代表温度）との温度差 ΔT を目標温度 T^* で規格化した後、フィードバックゲイン $Gain1$ の乗算（比例制御に相当）と、逐次積算とフィードバックゲイン $Gain2$ の乗算（積分制御に相当）とを並列に実施し、これらの結果を加算して補正量 dQ_{air} を算出する。補正量 dQ_{air} を補正前の流量 Q_{air} に加算して、供給空気量を決める。以上の処理を所定の制御時間間隔で繰り返すようにする。

【0109】

ここで、供給原料量の変動などの理由で温度が変動を起こすと、それを打ち消すように供給空気流量を増加減し、温度を安定に回復できる。反応が比較的安定であれば、比例制御を主体に積分制御で補正をすればよい。具体的には $Gain1 > Gain2$ とすればよい。反対に、反応器が大変不安定な場合には、積分制御を主体に制御をすればよい。

【0110】

積分制御を主体とする場合、制御によって補正すべき偏差があまり大きいと、空気の供給流量変化が大きくなり、結果として反応が不安定な状態に陥る場合が想定される。このような場合には、補正量 dQ_{air} に予め上下限を設けておき、範囲外の変化分を無視するようにすれば、安定な反応域でのみ制御を実施できる。この上下限の値は、予め実験やシミュレーションによって、反応器の特性を反映するように選択できる。

【 0 1 1 1 】

安定な反応域でのみ制御を実施するための別の方法として、所定の時間毎、あるいは所定の温度条件などを満たす毎に供給流量をリセットするようにしてもよい。この方法によると、長期間の連続運転でも、流量補正計算の誤差蓄積による悪影響を回避できる。上記 P I 制御だけでなく、更に、処理能力に余裕があれば、一般の P I D 制御やその他の制御法を適用してもよい。

【 0 1 1 2 】

なお、図 6 のプロセス A は、原料改質調整手段 4 の特性に応じて、省略してもよい。また、設定流量 (Q) と観測温度 (T) の読み込みは、何れかの時点において同時に実施するようにしてもよい。

【 0 1 1 3 】

また、図 6 のプロセス B では、制御の基本的な内容を説明するため、複数の作業内容を分割して記載したが、例えば、上記設定流量 (Q) と観測温度 (T) の値に応じて所定の補正値を直接出力するように、函数やマップデータにまとめたり、また途中の段階において、 ΔT から ΔQ を介さずに直接補正値を求めるようにすることで、当該プロセスの一部または全部を一つの作業にまとめることもできる。

【 0 1 1 4 】

また、観測値として読み込む信号 1 0 4 は、必ずしも原料改質調整手段の温度ばかりでなく、例えば所定のガスセンサの出力など、水素製造状態を特徴づける別の情報であってもよい。

【 0 1 1 5 】

さらに、補正後の値の出力は、必ずしも図 6 の制御周期毎に実施しなくてもよ

い。一つの方法として、所定回数だけ補正演算を繰り返した後、結果を出力するようにしてもよい。この場合、補正結果は所定回数加算された後に出力されるので、例えば、流量設定手段の分解能による制限を受けて、小さな補正結果が切り捨てられる場合などに、流量設定値の変更を確実にできる。当該補正演算回数を調節して、流量設定手段への流量設定値出力の時間間隔を調節してもよい。

【 0 1 1 6 】

別の方法として、補正処理の繰り返しとは別に、所定時間毎に流量設定値を出力してもよい。この場合、補正処理の結果を記憶しておき、補正処理が繰り返される毎に更新をする。設定値出力の際には、その時点で記憶されている処理結果を読み出して出力することで、補正処理の演算に要する時間に係らず、一定の時間間隔に流量値の変更ができる。

【 0 1 1 7 】

更に別の方法として、フィードバック手段の制御法は上記ソフトウェア的なものの以外に、ハードウェア的なものであってもよい。一例として、温度によって形状の変化するバイメタルなどの部材の形状変形を利用して、空気供給系の弁開度を調節できるようにすればよい。つまり、温度の上昇下降（部材の形状変形）と共に、流路開口部が塞がれたり開放されたりするようにすれば、ハードウェアによる流量補正で温度変動を抑えるように、フィードバック制御を施すことができる。

【 0 1 1 8 】

上記第 1 の実施例に係る図 6 の制御法によれば、観測値と目標値との差に基づく制御をベースに採用しているので、比較的簡単な演算でフィードバック制御をすることができる。また、補正値を逐次積算する積分制御の特徴を有するので、一時的、突発的な変動後に、定常偏差の発生を抑制でき、安定にもとの制御値を回復することができる。

【 0 1 1 9 】

本発明に係る離散的流量設定手段の流量設定値は、変動の有無に依らず最適な値に設定しており、連続的流量設定手段の流量設定値は、当該制御法により、一時的、突発的な変動後に、安定にもとの制御値を回復できるので、これらの組合せ

により、内的外的要因による一時的、突発的な反応の不安定化に適切に対処できる。

【0120】

なお、図6の例では、所定の目標温度を実現する制御法を説明したが、目標温度に幅をもたせてもよい。つまり、反応温度が所定の温度範囲に入るように制御を施してもよい。

【0121】

図8に、反応温度が所定の温度範囲に入るように制御する場合の ΔQ の算出法を説明する。図中、直線①は、例えば図6に説明した制御法の場合に相当する。

【0122】

直線①によると、観測温度 T と目標温度 T^* との温度差 $\Delta T = T^* - T$ が増えれば、温度を上げるように空気量を増加させ($\Delta Q > 0$)、結果として原料改質調整手段4で生じる酸化反応を促進するようにし、逆に温度差 ΔT が減少すれば、温度を下げるように空気量を減少させ($\Delta Q < 0$)、酸化反応を抑制するようにしている。もちろん①の関係は、必ずしも線形にする必要はない。

【0123】

これに対し、折れ線②では、所定の温度幅 T_b の間では ΔQ をゼロとし、補正は実施しない。温度幅 T_b を超える正負の温度差 ΔT についてのみ、上記①の場合と同様に、 ΔQ をそれぞれ増減させ、温度を制御するようにしている。温度制御の対象とする個所が比較的溫度変動を起こし易い場合、所定の目標温度を正確に実現するには詳細な制御が必要になる。また、反応の遅れが著しい場合には、制御困難な場合もある。しかし、目標温度に幅をもたせれば、制御の難しさは緩和され、比較的簡単な方法で、安定な制御が可能になる。

【0124】

第1の実施例に係る図8の制御法によれば、所定の目標温度に幅を持たせた温度制御ができるので、温度が不安定になり易い発熱反応部などを対象に、安定な温度制御を実施することができる。

【0125】

図9に第1の実施例に係る原料改質調整手段と、発電手段の一例を説明する。

図中、41は水素製造に必要な原料の前処理をするための手段である。気体の状態で供給されるメタンや空気に対し、液体の状態で供給される水を混合するには、水を高温の反応環境に直接噴霧してもよいが、予め気化させておく方が混合し易い場合もある。また、触媒によるメタンの酸化反応を促進するには、予めメタンを予熱し、昇温しておく方がよい場合もある。前処理手段41では、こうした原料の状態を必要に応じて調整する。

【0126】

また、硫黄化合物を付臭剤として含むメタンや、自動車排ガス濃度の高い環境の空気を使う場合など、当該付臭剤や排ガスに含まれる硫黄分を前処理手段41で除去することが望ましい。このため、前処理手段41では、例えば脱硫反応をするための触媒を所定反応状態に維持し、外部から供給される原料の脱硫も実施する。図8では省略しているが、液体原料の気化、原料の予熱、あるいは付臭剤を含むメタンに対する脱硫、排ガスを含む空気に対する脱硫は、前処理手段41において、それぞれ独立に実施してよい。これらの処理部をまとめて、前処理手段41とした。

【0127】

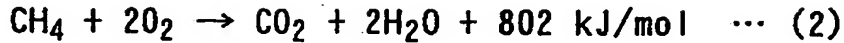
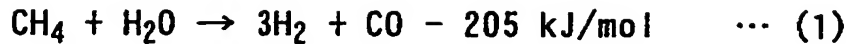
42は改質手段であって、前処理された供給原料を基に所定の化学反応を起こし、水素リッチなガスを製造する。原料にメタン、水、酸素を使う場合、当該所定の反応には、式1に示す水蒸気改質反応と式2に示す酸化反応とがある。

【0128】

水蒸気改質反応(式1)はメタンから水素を生成する反応であるが、吸熱反応のため、別の発熱反応や外部からの加熱を要する。酸化反応(式2)はメタンを原料とする発熱反応であり、反応温度を維持するための熱源として利用できる。反応により製造される水素濃度は、反応の平衡ガス組成で決まる。平衡ガス組成は温度に依存し、高い水素濃度を得るには、反応温度を上げることが望ましい。

【0129】

【化 1】



原料にメタン、水、空気を使う場合の反応温度は、例えば 600℃ - 800℃ ほどに設定すればよい。ここで、式 1、式 2 に示す反応熱の値は、反応温度などの条件に依存して変わるが、ここでは目安となる値を示した。以下の式においても同じである。

【0 1 3 0】

酸化反応は、水蒸気改質反応より反応速度が速いので、供給する空気（酸素、酸化剤）の量を制御すれば、当該酸化反応を速やかに制御でき、結果として発熱量を制御することができる。

【0 1 3 1】

併用改質方式（オートサーマル改質方式）では、2つの反応を熱的にバランスさせ、反応に必要な温度を自立的に維持するので、上記の温度制御は特に重要である。この二つの反応は、必ずしも同じ場所で起こす必要はない。反応を位置的に分離することで、反応相互の影響が低減し、個々の反応を安定に実施できる場合もある。

【0 1 3 2】

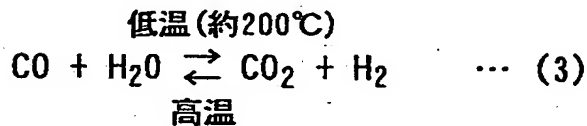
例えば、反応の前段（原料流れの上流）で、メタンの酸化反応で熱を発生させ、反応の後段（原料流れの下流）に伝熱し、所定の吸熱反応を起こすようにする。伝熱の形態には、物質移動による対流伝熱や、触媒を伝わる伝導伝熱がある。伝熱効率を高めるには、例えば発熱、吸熱それぞれの反応個所を、金属壁など伝熱効率の高い隔壁を介して隣接させてもよい。なお、式 1 と式 2 に示した反応は、それぞれ代表的な反応経路を示すものであって、実反応では、他の反応がまったく生じないわけではない。

【0 1 3 3】

4 3 は、前記所定の化学反応の結果、止むを得ず発生するガスのうち、システム動作に有害なガスを低減あるいは除去するための手段である。例えば、所定の化学反応で生じる一酸化炭素は、燃料電池など発電手段 5 の電極触媒を劣化させる有害作用を及ぼす場合があるので、式 3 に示す平衡反応（シフト反応）を利用して一酸化炭素の濃度を低減したり、新たに空気（酸素、酸化剤）を加え、酸化反応を利用してこれを除去したりする。上記の反応は、実用的には何れも触媒反応で起こすことができる。

【 0 1 3 4 】

【化 2】



前処理手段 4 1、改質手段 4 2、後処理手段 4 3 には、それぞれの反応に適する触媒を実装する。一例として、改質手段 4 2 の酸化による発熱反応には、パラジウム系や白金系の貴金属触媒を、水蒸気改質による吸熱反応には、ニッケル系の触媒を使うことができる。また、後処理手段 4 3 において、一酸化炭素を低減ないしは除去するためには、銅－亜鉛系の触媒を使うことができる。これら触媒は、ペレット状に混練成型あるいは担持されたものであってもよいし、ハニカムや金属板に塗布されたものであってもよい。

【 0 1 3 5 】

4 4 は熱制御手段であり、原料改質調整手段 4 の各部の熱をやり取りすると共に、熱的な効率を向上するための手段である。1 5 は、発電手段 5 の余剰水素、或いは当該余剰水素を含むオフガスであり、熱制御手段 4 4 の熱源として供給される。1 6 は、外部から供給される原料や熱エネルギーであり、同様に熱制御手段 4 4 の熱源になる。

【 0 1 3 6 】

外部から供給される原料や熱エネルギー 1 6 の供給形態は、専ら燃焼に使われるメタンなど、バーナ燃焼のための新たな燃料であってもよいし、外部あるいは

システム内部の水蒸気などから、熱交換器によって熱を回収・放出するための水蒸気であってもよいし、或いは制御容易な電氣的ヒータを駆動するための電氣的エネルギーであってもよい。これらは、熱制御手段 4 4 の個々の形態に依存する。

【0137】

熱制御手段 4 4 としては、バーナ、熱交換器、電気ヒータのほか、例えば、反応熱の均一化を図るため、良好な熱伝導を有する金属部材やヒートパイプなどを使ってもよい。もちろん、これら複数の形態を組合せてもよい。

【0138】

前処理手段 4 1 と、改質手段 4 2 と、後処理手段 4 3 と、熱制御手段 4 4 とを組合せて、原料改質調整手段 4 を構成した。特に、原料改質調整手段 4 の各要素手段を横断的に制御可能な熱制御手段 4 4 を設けることで、各部の温度制御を容易にし、且つ熱的効率を向上するようにした。

【0139】

5 1 は、発電手段 5 の発電した電氣的出力 1 4 を直流から交流に変換するための手段であり、インバータを使うことができる。1 7 は、直流交流変換の結果得られた交流出力を示す。5 2 は電力貯蔵手段を示す。電力貯蔵手段 5 2 には、充放電可能なりチウム系の二次電池などを使用できる。1 8 は発電手段 5 の余剰電力を示す。

【0140】

なお、図 9 では、温度検出のための手段や場所を特定していないが、例えば改質手段 4 2 の発熱反応部近傍に、上記熱電対や各種温度センサを設けるようにする。

【0141】

次に、第 1 の実施例に係る原料改質調整手段と、発電手段の働きについて説明する。原料改質調整手段 4 に供給された原料 1 2 は、まず前処理手段 4 1 で、液体原料については必要に応じて気化し、メタン酸化反応の促進などに必要な場合には原料を予熱昇温し、また有害元素を除去する必要があるれば脱硫等の前処理を受ける。

【0142】

続いて、改質手段42で、所定の化学反応、例えば式1、式2に代表される反応により、水素リッチなガスに改質される。続いて、後処理手段43で、システムに有害な一酸化炭素などのガスを、触媒反応により低減・除去する。

【0143】

熱制御手段44は、前処理手段41、改質手段42、後処理手段43のそれぞれの反応に必要な熱、あるいは補助的な熱を供給すると共に、必要に応じて熱の回収・再分配をする。例えば、改質手段42の吸熱反応部に補助的な熱を供給し、発熱部からは一部の熱を回収し、局所的な温度上昇を回避するようにする。これにより、局所的な温度上昇を回避して、所望の反応温度プロファイルを得る。

【0144】

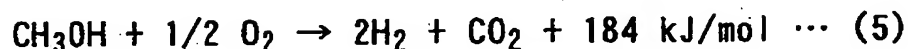
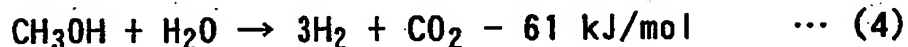
原料改質調整手段4の出力ガス13は、例えば燃料電池による発電手段5に供給される。発電手段5の出力14は、直流交流変換手段51において、一般に利用しやすい交流の形態に変換され、電氣的な出力17として出力される。発電の結果余った電力18は、電力貯蔵手段52に貯蔵する。そして、例えば、発電手段5の立ち上げ時や、急な電力需要増加時などに、電力貯蔵手段52に貯蔵した電力を放出する。

【0145】

第1の実施例では、供給原料としてメタン、水、空気の組合せを示したが、これらの供給原料は、原料改質調整手段4の水素製造方法に応じて変えることができる。例えばメタノール、水、酸素を使う場合、改質手段4で利用する所定の反応は、式4に示す水蒸気改質反応（吸熱反応）と、式5に示す部分酸化反応（発熱反応）である。

【0146】

【化3】



両反応をバランスさせる併用改質方式（オートサーマル改質方式）によれば、反応に必要な温度を自立的に維持できる。

【0147】

また、この場合、空気（酸素、酸化剤）以外の原料として、所定濃度のメタノール水を直接利用すれば、液体原料の供給を均一にでき、反応にとって好ましい。メタノール水は、所定の流量で供給されるメタノールと水とを、原料改質調整手段4の供給にあたって混合するようにしてもよいし、あるいは所定濃度のメタノール水を予め用意しておくようにしてもよい。後者の場合、メタノールと水との混合比率を変えることはできないため、種々の水素製造条件に適応することは難しくなるが、原料供給系を1系統削減できるので、装置の構造は簡単になる。

【0148】

なお、発熱のための酸化反応が不足する反応状態では、補助的な熱源として熱制御手段44を使用してもよい。熱制御手段44は、空気（酸素、酸化剤）に係る流量補正に基づき実施する温度制御を補助するよう、改質手段42に対し所定の熱を供給できる。

【0149】

この場合、図1に説明した空気（酸素、酸化剤）流量のフィードバック制御は、熱供給で不足する分の熱量のみを調節し、制御すればよい。この熱供給にあたっては、流量選択手段101からの信号103cやフィードバック手段8からの信号105を参照し、供給する熱量を変更するようにしてもよい。

【0150】

第1の実施例に係る図9の原料改質調整手段と発電手段とによれば、所望の反応温度を維持しながら、原料供給系のハードウェアとソフトウェアの両方を簡略化し、低コストな燃料電池発電システムを提供できる。

【0151】

この燃料電池発電システムは、発電出力の違いに応じて、家庭用の分散電源、ホテルやコンビニエンスストアなどで使用する産業用分散電源、車載用電源、また災害時の可搬電源などに適用できる。実用的な特性を維持したまま、低コストを図るようにしているので、技術の広い普及を期待できる。

【0152】

以上、図2、3に例示した離散的流量設定手段、図4、5に例示した連続的流量設定手段、図6、7、8に例示したフィードバック手段の制御法、及び図9に例示した原料改質調整手段と発電手段とを組み合わせれば、本発明の第1の実施例を効果的に運用でき、原料供給系に係る装置類の低コスト化と、水素製造に係る精度の維持、安定化とを両立できる。

【0153】

次に、本発明の第2の実施例を説明する。図10に第2の実施例に係る水素製造装置の説明図を示す。図10(a)は、 $n1$ 段階の流量設定が可能な離散的流量設定手段であり、図3と同じ構成を採用し、 $n1 = 4$ の場合を示す。

【0154】

図10(b)は、少なくとも $n2$ 段階の流量設定が可能な連続的流量設定手段である。図中、34は回転数一定で使用するブロアであり、環境の空気1cを後段に供給する。35は流量調節弁であり、例えばバタフライ式の弁の開閉角度を制御できるようになっている。流量調節弁35は、回転数一定ブロア34の後段にあって、流量の多段階制御をする。

【0155】

ブロアと弁とを直列に組合せる構成は、例えば特開平11-317234号に引用されている通り必ずしも新しいものではないが、ここではブロアの回転数制御のような連続制御に代わり、流量設定を多段階に実施するために流量調節弁35を設けた。

【0156】

本実施例において、流量補正のための信号105は流量調節弁35の弁開度を制御する信号である。流量調節弁35の開度は、上記の通り $n2$ 段階変化させるものとする。その他の構成要素は、図1から図9と同様である。

【0157】

次に、第2の実施例に係る水素製造装置の働きについて説明する。空気（酸素、酸化剤）以外の供給原料について、 $n1$ 段階の離散的流量設定手段、特に開閉弁を二段並列配管した流量設定手段を使用する点は、第1の実施例に係る図3の

例と同じである。

【0158】

本実施例の特徴は、空気（酸素、酸化剤）に係る流量設定手段の設定流量を、 $n2$ 段階に離散化した点にある。供給空気（酸素、酸化剤）量は、 $n2$ 段階の中から設定流量値を切り替えて流量可変に制御する。

【0159】

ここで、フィードバック手段8による空気（酸素、酸化剤）の流量補正制御を実施する上で、 $n2$ は少なくとも $n1$ より大きいことが望ましい。 $n2 > n1$ の条件を満たさないと、補正の精度が、もともとの流量切替え精度と同じになってしまうため、一時的、突発的な温度変化などに対する補正が難しくなるからである。

【0160】

一例として $n2 = n1$ の場合、供給空気（酸素、酸化剤）量の設定数は運転モードの切り替えに対応する段階数しかとれないので、供給空気（酸素、酸化剤）量が最大になる運転モードで必要となる空気量よりも多くの空気量を供給できない。つまり、当該運転モードで、外乱による温度低下があっても、供給空気（酸素、酸化剤）量を増して温度を回復することはできない。もし、 $n2 = n1 + 1$ とし、供給空気（酸素、酸化剤）量が最大になる運転モードで必要となる空気量よりも多くの空気量まで供給できるようにしておけば、上記のケースに対応できる。

【0161】

もちろん、対象とする水素製造装置が高温域で非常に安定であるといった特別の理由で、上記運転モードでの温度変動影響が小さければ $n2 = n1$ としても悪影響は少ない。反応器の特性や要求精度に応じて供給空気（酸素、酸化剤）量の設定数を変えることは可能であるが、 $n2 > n1$ が一般の水素製造装置に対して好ましい条件といえる。

【0162】

なお、上記の運転モードで逆に温度を下げたい場合には、 $n1 = 4$ を例にとると、空気量が一段階あるいは二段階少なくなる運転モードの空気量に切り替え、供給空気（酸素、酸化剤）量を一時的に減らすようにすればよい。これは、連続的

な流量設定を近似的に適用した場合に相当する。

【0163】

空気（酸素、酸化剤）に対する流量設定は、次のように実施する。プロア34は、一定の回転数で、ほぼ一定の量の空気（酸素、酸化剤）を流量調節弁35に供給する。流量調節弁では、バタフライ式のバルブ開度で流量を調節する。つまり、図のバルブ開度1の位置から開度n2の位置まで開度を変えると、流量ほぼゼロの状態から、最大流量（バルブ全開）の状態まで、流量を変えることができる。

【0164】

バルブ開度をステップ的にしているので、流量もステップ的に変化する。図10では、説明のため、各ステップ間のバルブ開度の増分をほぼ同じ角度に示したが、バルブ開度と実流量の関係を実測した上で、各ステップに必要な角度を決めてもよい。これにより、例えば、調節弁上流側の圧力変化の影響を吸収できる。

【0165】

供給停止時には、プロア34の回転数はゼロにすることが望ましい。バタフライ式のバルブは、停止時の漏れを生じ易いが、バルブを閉じる（図10（b）の1の位置にする）と同時に、プロア34の回転数をゼロにすれば、空気11cの供給をより確実にゼロにすることができる。

【0166】

図10では、連続可変な調節弁の開度を離散的に設定する場合を示したが、そもそも弁開度が必要なステップ的变化しかしないような弁や、当該変化を実現するような開閉機構を採用してもよい。

【0167】

また、上記のバタフライバルブを使った流量調節弁は、他の手段に変えてもよい。例えば、ピンチ弁やニードル弁を使う場合には、弁の有効流路断面積を変化させ、n2段階の離散的な流量設定をする。また、整圧器（ガバナ）を使う場合には、整圧器（ガバナ）の圧力調節の基準圧力や、内部減圧手段の有効流路断面積を変化させ、n2段階の離散的な流量設定をすればよい。

【0168】

上記した第2の実施例によれば、フィードバック制御を要する空気（酸素、酸化剤）の流量設定を n 2段階の離散的設定にすることで、マイコンなどデジタル的な制御手段による流量設定を容易にできる。デジタル化した方が、一般に安価で、高性能なシステムを組むことができる。

【0169】

ここで n 2は、離散的流量設定手段の流量設定ステップ数 n 1（実用的な例で例えば n 1 = 4）より少なくとも大きく、望ましくは十分に大きく採ることで、上記第1の実施例で説明した、フィードバック制御に係る精度を大きく損なうことはない。

【0170】

図11に本発明の第3の実施例に係る水素製造装置の説明図を示す。本実施例の特徴は、供給原料12a、12b、12cが、それぞれ時間的パルス状に供給される点にある。すなわち、原料は供給周期 T 1毎に時間 T 2a、 T 2b、 T 2cずつ供給されるようにした。

【0171】

図11において、フィードバック手段8が出力する流量補正のための信号105は、空気（酸素、酸化剤）の供給に係る流量パルス幅 T 2cを制御する信号である。その他の構成要素は、図1と同じである。

【0172】

次に、第3の実施例に係る水素製造装置の働きについて説明する。パルス状供給を実現するには、例えば開閉弁の開閉時間を制御すればよい。一例として、空気（酸素、酸化剤）と各原料毎に設けた供給系それぞれに開閉バルブを設け、供給周期 T 1毎に時間 T 2a、 T 2b、 T 2cだけ供給ラインを開くようにする。

【0173】

ここで、 T 1時間の平均供給流量が、流量選択手段6（図1）の与える一組の設定値に合うようにパルスの高さ（設定流量）を決めておく。要求水素製造量が変わり、設定値が変わる場合には、パルス高さを変えずに、パルス幅 T 2a、 T 2b、 T 2cを変えるようにする。このため、開閉バルブを複数組合わせる必要はなく、開閉バルブの開閉時間のみを制御すればよい。特に、空気（酸素、酸化

剤) を供給するパルス幅 T_2 については、信号 1 0 5 に応じて開閉時間を連続可変にできるので、第 1 の実施例と同様の温度補正制御ができる。

【 0 1 7 4 】

なお、供給周期 T_1 を充分短くできれば、事実上連続供給と変わらないスイッチング制御ができる。しかし、開閉弁の機械的特性や寿命の点から、 T_1 を充分短くできない場合がある。この場合、原料改質調整手段 4 の出力ガス量に脈動や変動が生じる場合がある。この脈動や変動は、図 1 3 の実施例で説明するように、原料改質調整手段 4 の後段に、水素貯蔵手段 (バッファタンク) を備えることで、吸収低減できる。

【 0 1 7 5 】

また、図 1 1 では、全ての供給原料について共通の供給周期 T_1 を設定し、位相を合わせたが、これらを原料毎に変えるようにしてもよい。位相を調節すると、反応に最適な原料混合ができるよう、各原料の供給タイミングを調節できる。もちろん、各原料の供給タイミングがあまり大きくずれると、反応の効率は低下する。

【 0 1 7 6 】

また、開閉弁の開閉時間のみでなく、各開閉弁の流量を同時に変えるようにしてもよい。これは、パルスの幅のみならず、高さも変えることに相当する。このためには、例えば、複数並列配管した開閉弁の開閉時間をそれぞれ制御すればよい。これにより、詳細な流量設定が可能になる。

【 0 1 7 7 】

上記した第 3 の実施例によれば、離散的流量設定手段として、開閉バルブを複数組合わせたり、連続的流量設定手段を別に設ける必要がなく、供給系それぞれに設けた開閉弁、例えば電磁バルブの開閉時間を変えるだけで流量の設定や補正ができるため、ハードウェアの簡略化に関する効果が大きい。

【 0 1 7 8 】

図 1 2 に本発明第 3 の実施例に係る水素製造装置の別の制御法を説明する。図 1 2 (a) には、通常の原料供給状態を示す。原料の供給周期 T_1 、流量パルス幅 T_2 で所定の平均流量を設定している。

【 0 1 7 9 】

図 1 2 (b) には、過渡的応答時のパルス幅補正を示した。例えば、水素製造量を増やす場合、流量選択手段 6 の出力に従い、供給原料を増やすように、パルス幅を T_2 から T_3 に増加する。

【 0 1 8 0 】

ここで、要求水素製造量の切替えに合わせて、一時的に流量を T_2' ($> T_3$) に増やすようにした。これにより、目標水素製造量への収束を早めるようにしている。逆に流量を減らす場合、一時的に T_2' を T_3 より小さく設定するようにする。

【 0 1 8 1 】

T_2' を算出のための補正量は、変更前後のパルス幅に応じて、記憶手段 7 (図 1) に記憶しておくことができる。図 1 2 の場合、最初のパルス幅が T_2 であること、変更後のパルス幅が T_3 であることから、所定の補正量を求めることができる。要求水素製造量の変更の指示を受けて、パルス幅の変更をする一連の操作は、流量選択手段 6 (図 1) において実施するようにできる。

【 0 1 8 2 】

なお、図 1 2 の補正処理は 1 供給周期分についてのみ実施したが、複数供給周期に渡って、補正を施しても良い。あるいは、複数の供給周期に渡って、補正量をより細かく変えるようにしてもよい。補正を実施する供給周期の回数は、記憶手段 7 に記憶しておくことができ、変更の設定は同様に流量選択手段 6 で実施できる。

【 0 1 8 3 】

また、補正量は供給周期 T_1 に応じて変えるようにしてもよい。複数の供給周期 T_1 を同様に記憶しておき、これを切替えるようにしてもよい。さらに、図 1 2 の過渡的な原料供給法は、空気 (酸素、酸化剤) ばかりでなく、その他の供給原料について実施してもよい。

【 0 1 8 4 】

第 3 の実施例に係る図 1 2 の制御法によれば、要求水素製造量の変化に応じて、原料供給の時間を制御することで、過渡的な応答性、要求水素製造量変化への

追従性を向上できる。

【0185】

図13に本発明の第4の実施例に係る原料改質調整手段と、発電手段の一例を説明する。図中、4aと4bは何れも原料改質調整手段であり、これらを1と2で区別した。更に複数の原料改質調整手段があってもよいが、ここでは2つの原料改質調整手段で代表している。

【0186】

9は水素貯蔵手段（バッファタンク）である。水素貯蔵手段9は、簡単には、配管部の容積を広げたり、タンクを直列配管したりして、水素リッチガスを空間に充填できるようにする。あるいは、タンクだけでなく、コンプレッサと開閉弁とを組合わせて、出力ガスを一旦貯蔵するようにしてもよい。出力ガスの貯蔵については、水素貯蔵手段（バッファタンク）9の内圧をモニタしたり、発電手段5の負荷をモニタして、水素貯蔵手段9へのガスの流入、流出量を制御するようにできる。ここで水素貯蔵手段9は、パッシブあるいはアクティブに流れのローパスフィルタとして機能できる点が重要である。

【0187】

91は水素貯蔵手段への補助的な水素供給手段である。水素供給手段91の水素貯蔵には、高圧水素ボンベ、水素吸蔵合金やカーボンナノチューブなどの水素貯蔵材料を利用できる。水素貯蔵材料を使用する場合には、例えばカーボンナノチューブに貯蔵された水素を開放するための加熱手段など、水素を出し入れするための手段を水素供給手段91の一部として併設する。水素供給手段91は、それ自体が水素製造装置であってもよい。

【0188】

92は、発電手段5で発電後に余った水素を純化する水素選択手段である。例えば、パラジウム系の膜を使うと、水素を選択的に透過できることが知られている。その他の構成要素は、図9と同様である。

【0189】

次に、第4の実施例に係る原料改質調整手段と発電手段の働きを説明する。まず、少なくとも一つの原料改質調整手段（4a、b）は、それぞれに原料供給（

1 2 1、1 2 2) を受けて、水素リッチガスを製造する。

【0 1 9 0】

ここで、複数の原料改質手段は、個々独立に運転制御をしてもよいし、全て同じに運転してもよい。前者の場合、一例として、原料改質調整手段のうちの一つは、常にベースロード運転しながら、他の原料改質調整手段は、要求水素製造量が多い場合にのみ、必要な数だけ運転を開始するようにできる。これにより、水素製造量のダイナミックレンジを広げながら、無駄の少ない運転を可能にできる。後者の場合、供給原料 (1 2 1、1 2 2) の量は、全て同じに制御する。このため、水素製造量のダイナミックレンジを広げながら、制御は容易である。

【0 1 9 1】

水素リッチガスは、燃料電池などの発電手段 5 に供給する前に、水素貯蔵手段 (バッファタンク) 9 を経由するようにした。水素供給手段 9 1 は、原料改質調整手段 4 a、b が故障したり、水素製造量が極端に不足する場合、あるいは装置の急立ち上げ時などに、水素を補助的に供給する。

【0 1 9 2】

水素貯蔵手段 (バッファタンク) 9 としてタンク構造を採る場合は、その構造自体がパッシブな流れのローパスフィルタとして機能する。また、上記のようにガスの流出・流入量をフィードバック制御する場合には、流れの脈動をキャンセルするアクティブなローパスフィルタとしても機能する。つまり、水素貯蔵手段 (バッファタンク) 9 を設けることで、ガス流れに脈動が重畳する場合、その影響を低減できる。水素供給手段 9 1 は、補助的手段であるので、省略してもよい。

【0 1 9 3】

水素貯蔵手段 9 の供給する水素リッチガス 1 3 を受けて、燃料電池などの発電手段 5 は、発電をする。発電後のオフガスには、一般に水素が残留しているので、当該オフガスを、水素選択手段 9 2 を介して水素貯蔵手段 9 に還流する。水素選択手段 9 2 を介することで、水素濃度の高いガスを還流することができる。もちろん、オフガスは、他の目的に利用することもできるので、水素貯蔵手段 9 への還流を省略してもよい。発電の結果得られた電氣的出力は、図 9 の場合と同様

に変換され、利用される。

【0194】

なお、水素貯蔵手段（バッファタンク）9は、原料改質手段4 a、bの出力ガスの流れに対し、並列に設けてもよい。並列配管部に、コンプレッサなどの昇圧手段、開閉弁、バッファタンク、更に出口側開閉弁を順次配管すれば、出力ガスの主たる流れを妨げることなく、水素の貯蔵容量を向上できる。

【0195】

このバッファタンク内部に、水素吸蔵合金やカーボンナノチューブなどの水素貯蔵材料を更に設け、当該水素貯蔵材料から水素を出し入れするための手段（例えば加熱手段）を併設してもよい。

【0196】

また、並列配管部入口側、出口側弁の開閉は、一例として発電手段5の負荷をモニタし、負荷が大きくなった場合には放出、負荷が安定に小さい場合には貯蔵になるよう制御すれば効果的である。併せて、出力ガスの主たる流れの中に、管内空間部やタンクなど、流れのローパスフィルタとして機能する構造を設ければ、燃料改質手段出力ガスの脈動低減効果を損なうことがない。

【0197】

第4の実施例によれば、原料改質調整手段4と発電手段5の間に、水素貯蔵手段（バッファタンク）9を設けることで、原料改質調整手段の出力ガス量の時間的変動を吸収し、緩和することができる。

【0198】

例えば、第3の実施例に係る水素製造装置（図11、図12）の製造する水素量は、パルス的な原料供給のため、脈動する場合があるが、水素貯蔵手段（バッファタンク）9を当該水素製造装置の原料改質調整手段4の後段に設けることで、出力ガス量の脈動を低減できる。結果として、発電手段5による発電を安定に実施できる。

【0199】

また、複数の原料改質調整手段を設ける場合、原料改質調整手段それぞれの生成ガス量に一時的なばらつきが生じる場合もあるが、水素貯蔵手段（バッファタ

ンク) 9によって、これらのばらつきも同時に吸収し、低減できるので、複数の原料改質調整手段を組合わせたシステムの構成が容易になる。

【0200】

図14に、本発明に係る水素製造装置及び当該水素製造装置を用いた発電システムを、各家庭に配置する定置型分散電源に適用した場合の例を示す。

【0201】

図中200が定置型分散電源であり、本発明に係る水素製造装置と発電システムである燃料電池とを構成要素の少なくとも一部として含む。水素製造装置は、外部から供給されるガスと空気、それに燃料電池発電の結果生じる純水を原料として水素を製造する。原料であるガスには、一例としてメタンを主成分とする天然ガスを使用できる。

【0202】

ここで、発電システムに燃料電池を使用する場合の特長は、発電だけでなく、燃料電池の排熱によって得られる温水を提供できる点にある。固体高分子形燃焼電池の場合、発電時の温度は80℃程度であり、電池内部の温度は冷却水などを利用して調節する。そこで、電池の内部抵抗などで生じる余分な熱を冷却により回収することで温水が得られる。

【0203】

但し、外部から供給する水を燃料電池の冷却に直接使用すると、当該水に含まれる不純物によって燃料電池に悪影響を及ぼす場合がある。その場合は、熱交換機能を有する手段を用いて、外部から供給する水を間接的に昇温すればよい。昇温された温水は、例えば60℃くらいになるので、貯湯槽に蓄積することにより、台所や風呂あるいは手洗いで使用する温水を給湯器に代って提供できる。

【0204】

加えて、発電により得られた電力は、外部からの供給電力と併せて家庭内の様々な電化製品の駆動に使用できるので、外部からの供給電力量を削減できる。もちろん、十分な発電容量があれば、外部からの供給電力なしに電力を賄うことができる。

【0205】

外部から供給する水の温度が低くて昇温が不十分な場合、あるいは上記貯湯槽内の水温が低下する場合には、例えば貯湯槽の入口・出口に加熱手段を設けてもよい。加熱手段は、外部から供給される原料ガスの一部を燃焼させて温水を昇温する。温度を検出するフィードバック制御を併用すれば、加熱量や温水の流速を調節して、供給水温を所定温度に昇温維持できる。

【 0 2 0 6 】

また、上記燃料電池の発電量の変動する場合には、補助的な電力貯蔵手段を併用してもよい。当該電力貯蔵手段には、充放電可能な二次電池を使うことができる。

【 0 2 0 7 】

分散電源は、家庭用であるため、装置は小型であることが必要な条件の一つである。本発明に係る水素製造装置によれば、供給原燃料のうちフィードバック制御の対象とする原料は空気のみであるので、全ての原燃料に対してフィードバック制御する場合と比べて、当然ながら装置構成は簡単になる。結果として、装置全体のサイズを小型化しやすい。

【 0 2 0 8 】

また、分散電源を各家庭に普及するためには、価格も適正なものでなくてはならない。上記本発明に係る水素製造装置によれば、流量制御手段として高度なハードウェアを必要としないので、原料供給系を中心にコスト低減を図ることができる。

【 0 2 0 9 】

更に、上記分散電源を家庭用で使用する場合、装置の信頼性が重要である。本発明に係る水素製造装置によれば、供給流量制御において複雑な制御を必要とせず、またハードウェアの動作も単純なものにできるので、システム全体の故障の危険性を低減できる。もちろん、これらの効果は、家庭用分散電源に限らず、小型の水素製造装置、及び当該水素製造装置によって製造された水素を原燃料として発電をする発電システムの実現と普及に効果が大きい。

【 0 2 1 0 】

本発明に係る水素製造装置及び当該水素製造装置を用いた発電システムによれ

ば、家庭用、ビル用、災害時の可搬用・非常用などに期待される分散型電源のよ
うに、多数の発電システムを短期間に普及させて構築する公共システムの整備に
適した発電システムを提供できる。

【0211】

【発明の効果】

本発明によれば、要求水素製造量に応じて予め定めた複数設定値の何れかを選
択して、各原料それぞれの供給量を設定するようにし、空気（または酸素／酸化
剤、以下同じ）については、前記反応部の温度が所望の温度範囲になるように、
空気の供給量を可変制御するので、制御自体が新たな外乱要因となる危険性を回
避しながら、実用環境下での反応変動に対して安定化を図ることができる。

【0212】

また、空気以外の流量設定に対しては、詳細な流量制御を不要としているので
、構造が簡単で、且つ制御の容易な流量設定手段を使うことができ、システム全
体を低コストに提供できる。

【0213】

また、上記各原料については、個々に所定の流量を与えるようにした複数弁の
開閉の組合せによって、前記各原料それぞれの供給量を設定するようにし、空気
については、前記反応部の温度が所望の温度範囲になるように、弁の開度、空気
の供給圧力、ブローの吐出量のうち少なくとも一つを制御して供給量を設定す
るので、実用環境において制御や動作の誤りが起こりにくく、実用面での信頼性を
向上できる。

【0214】

また、上記各原料については、要求水素製造量に応じて予め定めた $n1$ 通りの
設定値の何れかを選択して、各原料それぞれの供給量を設定するようにし、空気
については、予め定めた $n2$ 通りの設定値の何れかを選択して、空気の供給量を
設定するので、マイコンなどデジタル的な制御手段による流量設定が容易にで
きる。

【0215】

また、空気と各原料の供給系には、それぞれに流量設定手段を設け、流量設定

手段の少なくとも一つは、所定時間周期 T_1 のうち所定時間 T_2 の間だけ供給系を開くと共に、 T_1 時間の平均供給量が所望の値になるよう流量設定をするので、弁の開閉時間を変えるだけで流量設定ができるため、ハードウェアを大きく簡略化できる。

【0216】

また、本発明に係る水素製造装置を内部水素供給源として用いた燃料電池発電システムにおいては、比較的高度なハードウェアを要する制御を空気に限定しているので、原料供給系を中心に低コストでありながら、温度制御については実用的な安定性を実現し得る水素製造装置を提供することができる。

【0217】

加えて、上記本発明に係る水素製造装置の出力後段に、水素貯蔵手段（バッファタンク）を備えることで、水素製造装置に起因する出力ガス量の脈動や、複数の水素製造装置を組み合わせた場合の出力量のばらつきを、水素貯蔵手段（バッファタンク）で吸収し、低減することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】

本発明の第1の実施例による水素製造装置及びそれを用いた発電システムのブロック図。

【図2】

第1の実施例における離散的流量設定手段の説明図。

【図3】

第1の実施例における別の離散的流量設定手段の説明図。

【図4】

第1の実施例における連続的流量設定手段の説明図。

【図5】

第1の実施例における別の連続的流量設定手段の説明図。

【図6】

第1の実施例におけるフィードバック手段の制御法を示すフローチャート。

【図7】

P 制御と I 制御とを組合せた場合のフィードバック制御法を示すフローチャート。

【図 8】

反応温度が所定の温度範囲に入るように制御する場合の ΔQ 算出法の説明図。

【図 9】

第 1 の実施例に係わる原料改質調整手段と発電手段の説明図。

【図 1 0】

本発明の第 2 の実施例に係わる流量設定手段の説明図。

【図 1 1】

本発明の第 3 の実施例に係わる流量設定手段の説明図。

【図 1 2】

第 3 の実施例に係わる供給流量制御法の説明図。

【図 1 3】

本発明第 4 の実施例に係わる水素製造装置及びそれを用いた発電システムの説明図。

【図 1 4】

本発明の適用例に係わる水素製造装置及び燃料電池を用いた家庭用分散電源を示す説明図。

【符号の説明】

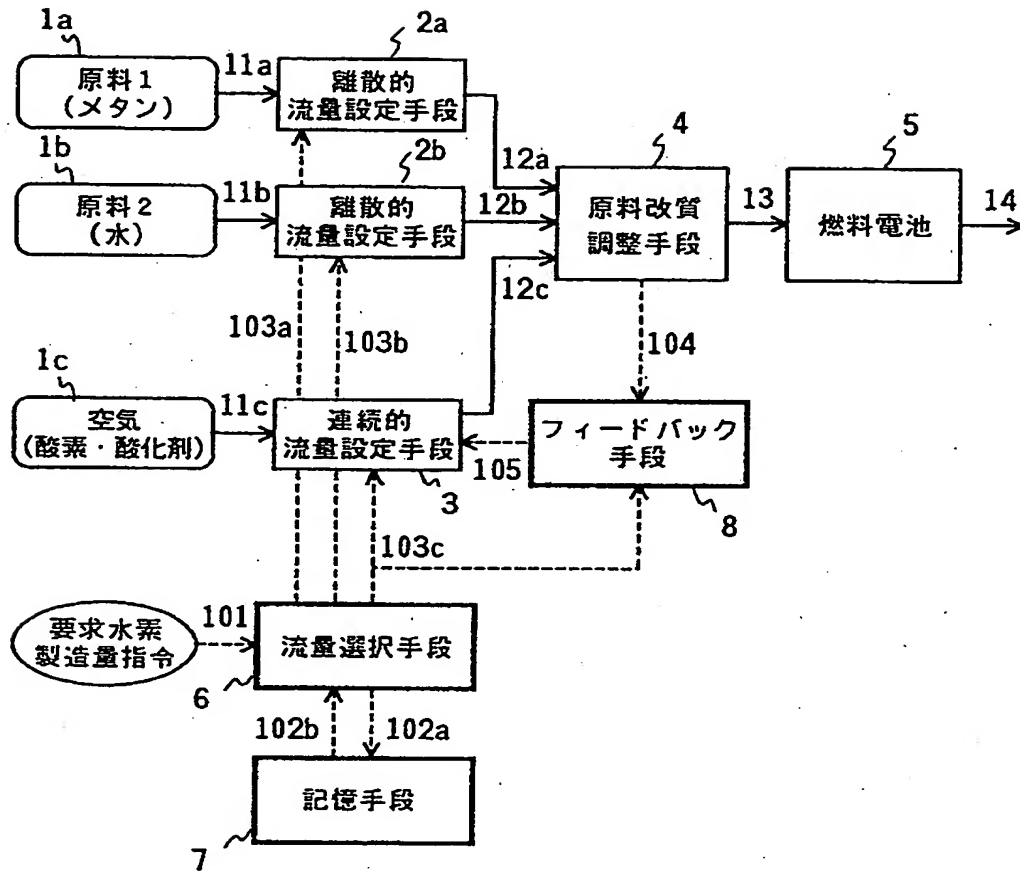
1 a, b…供給原料、1 c…空気（酸素，酸化剤）、2 a, b…流量設定手段、3…流量設定手段、4, 4 a, 4 b…原料改質調整手段、5…発電手段、6…流量選択手段、7…記憶手段、8…フィードバック手段、9…水素貯蔵手段（バッファタンク）、11 a, b…供給原料の流れ、11 c…空気（酸素，酸化剤）の流れ、12, 12 a, b…流量設定後の原料の流れ、12 c…流量設定後の空気の流れ、13…水素リッチガス、14…電氣的出力、15…余剰水素、17…交流出力、21 a…分岐手段、22 a, 23 a…開閉弁、24 a…結合手段、25 a, 26 a…流量調節手段、31…ブロア、32…圧縮手段、33…絞り、34…ブロア、35…流量調節弁、41…前処理手段、42…改質手段、43…後処理手段、44…熱制御手段、51…直流交流変換手段、52…電力貯蔵手段、

9 1 …水素供給手段、9 2 …水素選択手段、1 0 1 …要求水素製造量の指令、1
0 3 a, b, c …流量設定のための信号、1 0 5 …流量補正のための信号、2 0
0 …定置型家庭用分散電源。

【書類名】 図面

【図1】

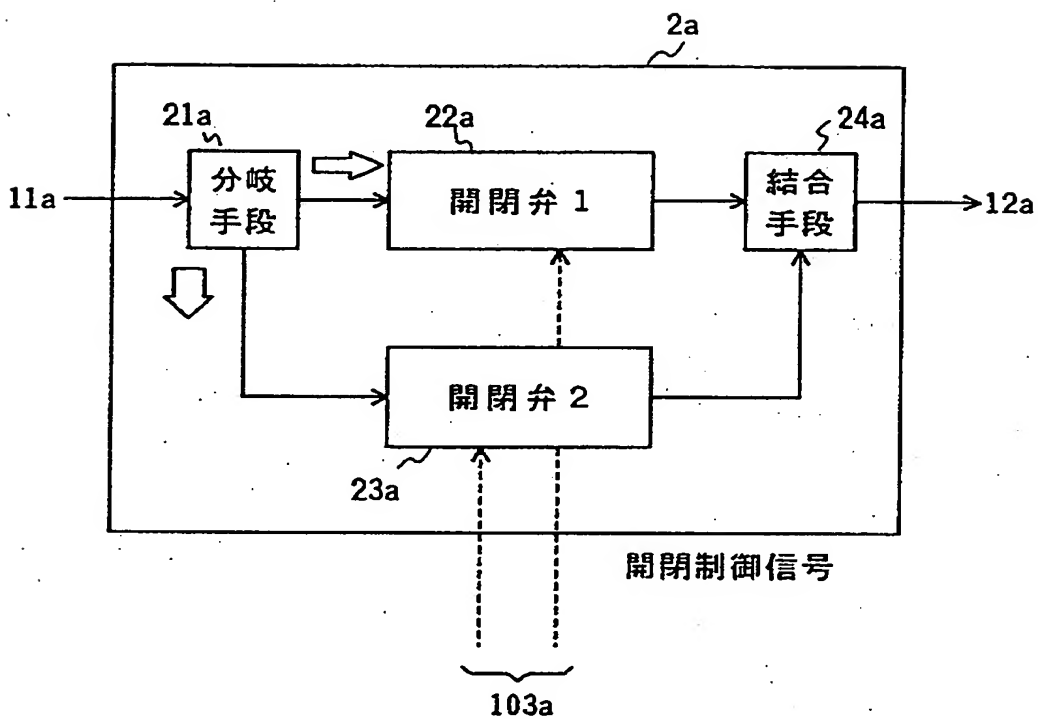
図 1



【図 2】

図 2

(a)



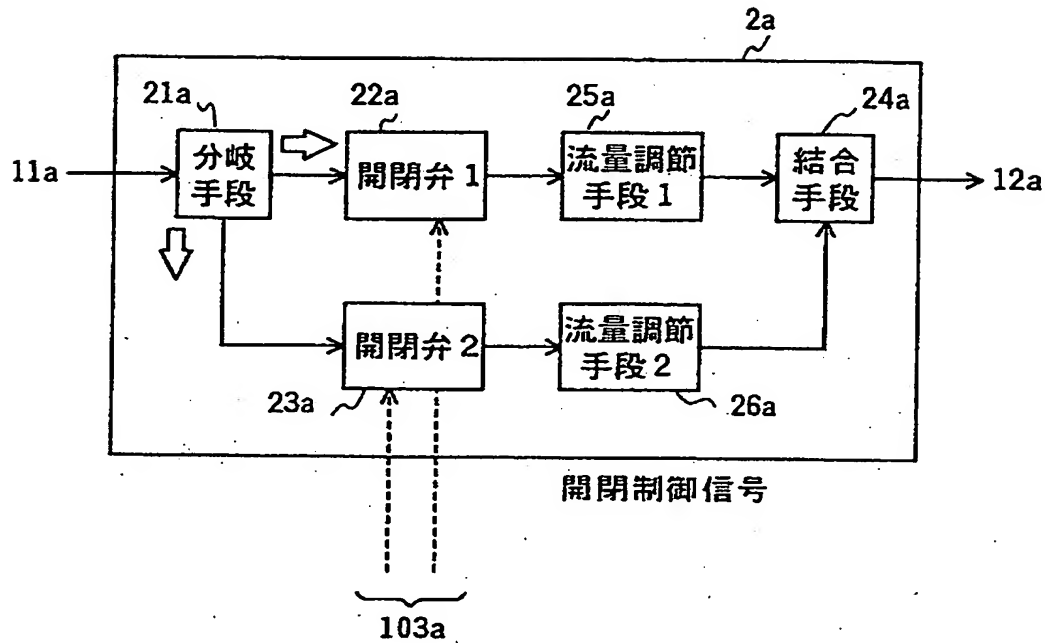
(b)

弁の開閉と原料供給流量の関係

		開 閉 弁 1	
		閉	開
開 閉 弁 2	閉	反応 停止	低流量
	開	中流量	高流量

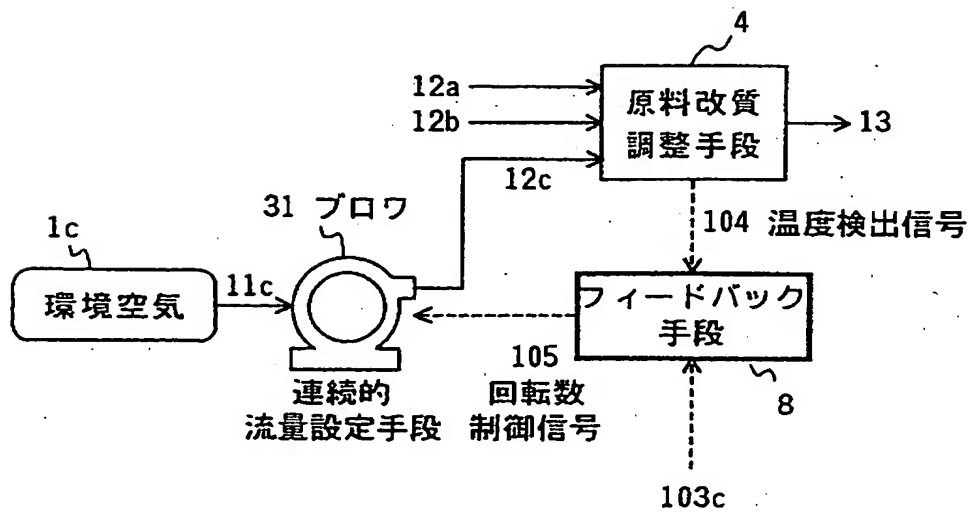
【図3】

図 3



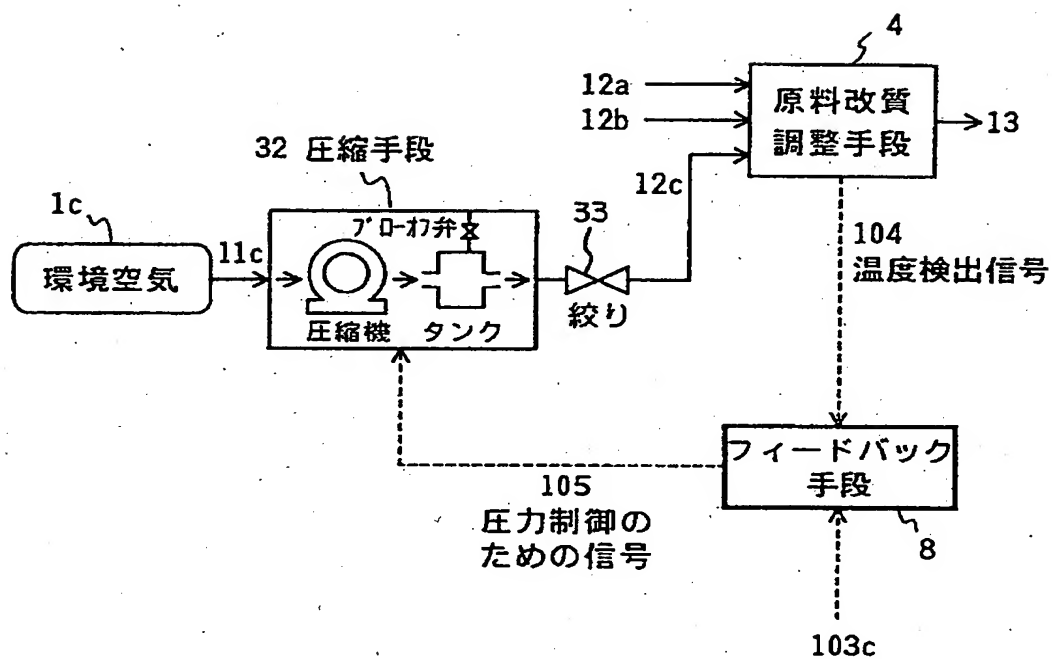
【図4】

図 4



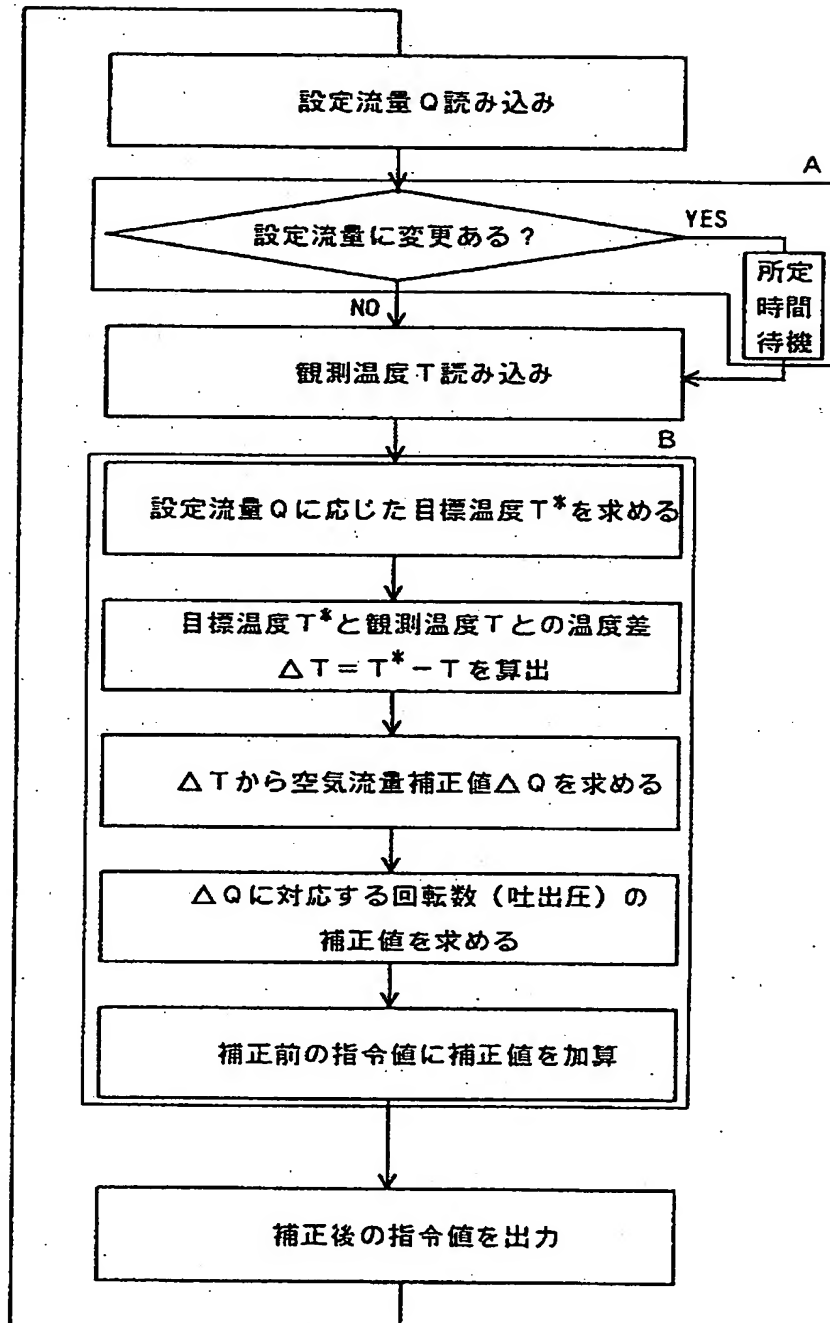
【図5】

図 5



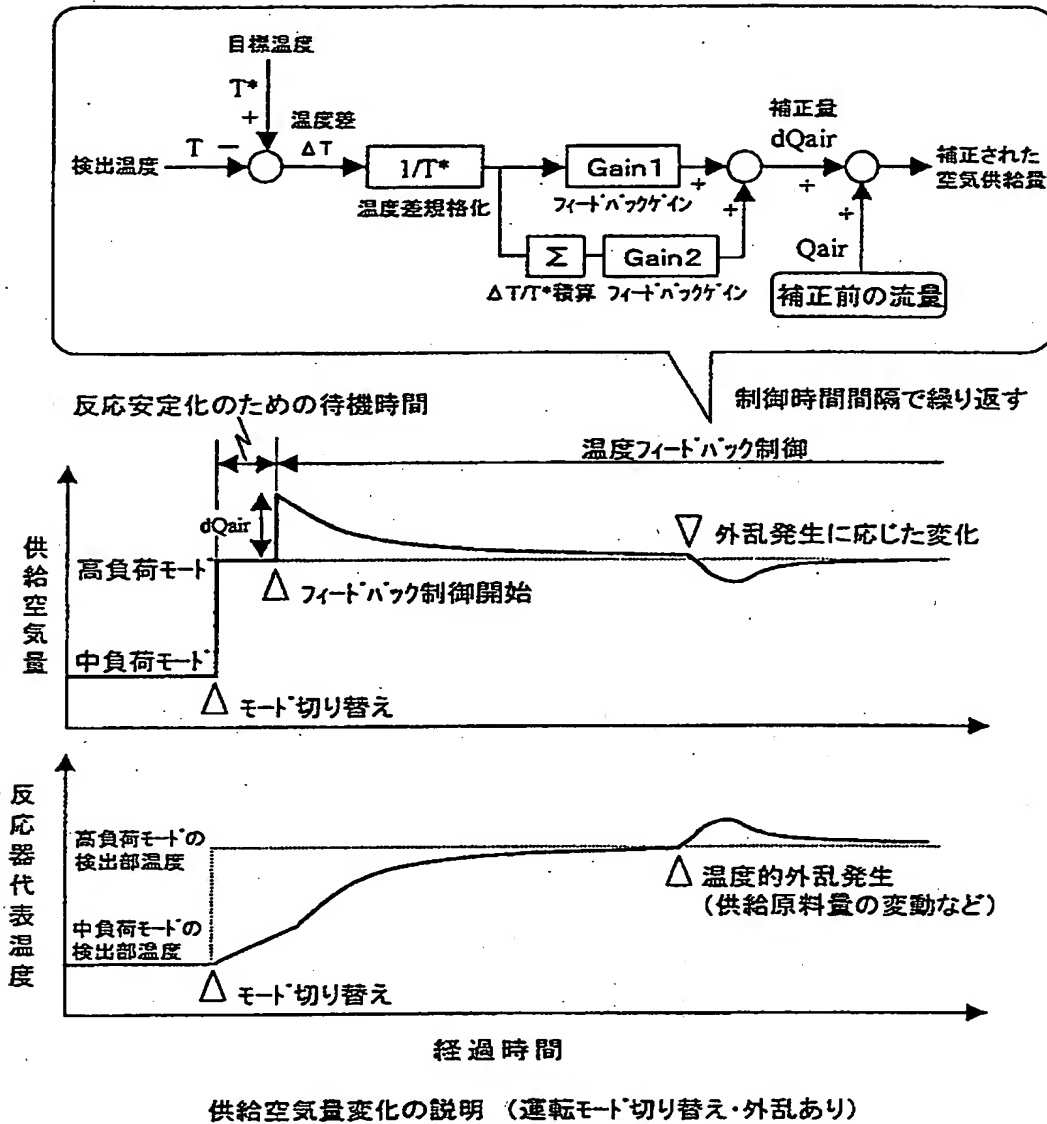
【図 6】

図 6



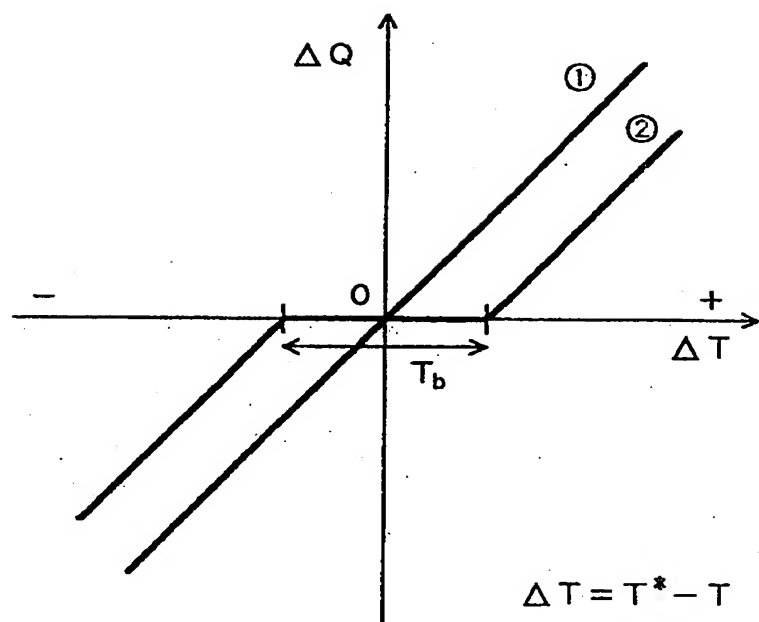
【図 7】

図 7



【図 8】

図 8



【図 9】

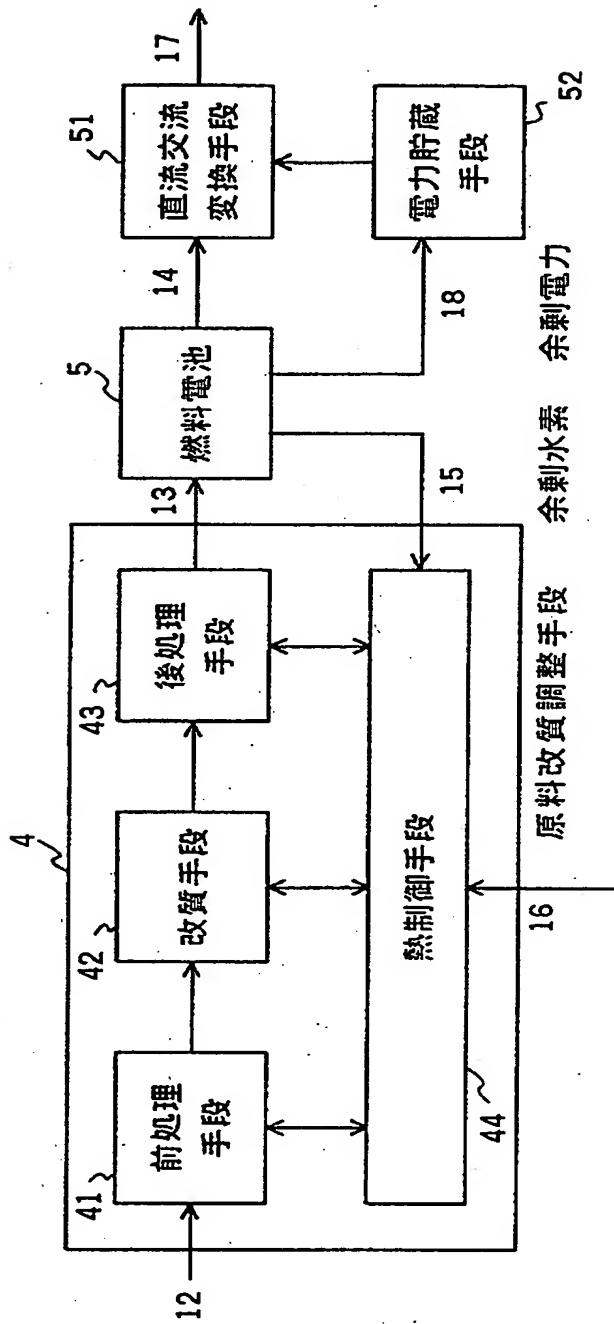


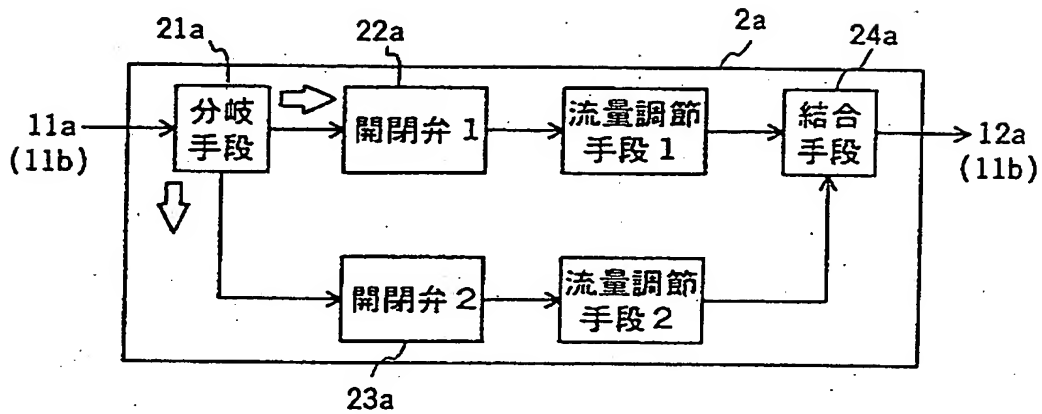
図 9

【図10】

図 10

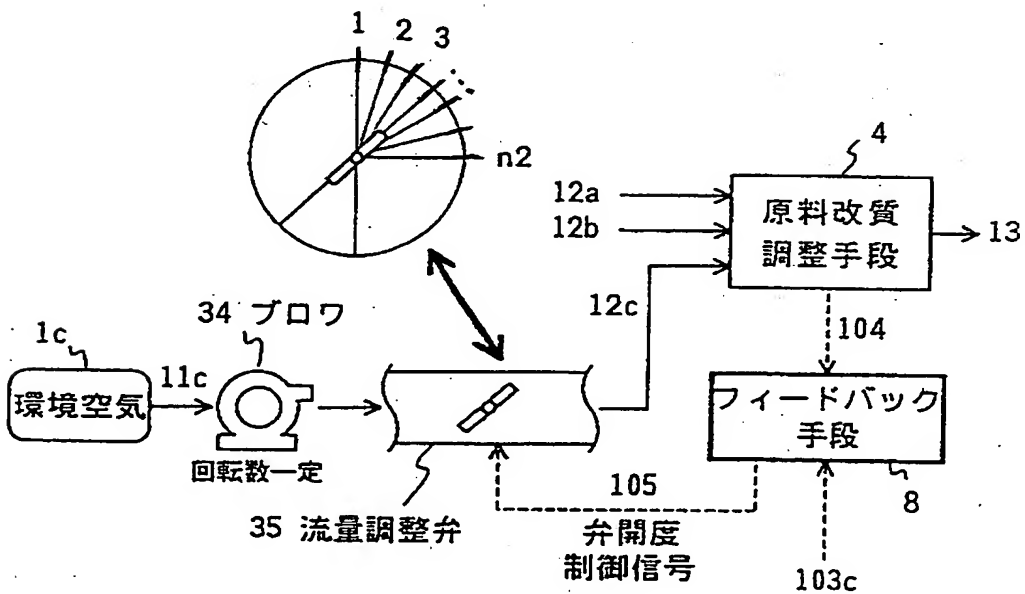
(a)

流量設定 $n1$ 段階 ($n1=4$ の例)



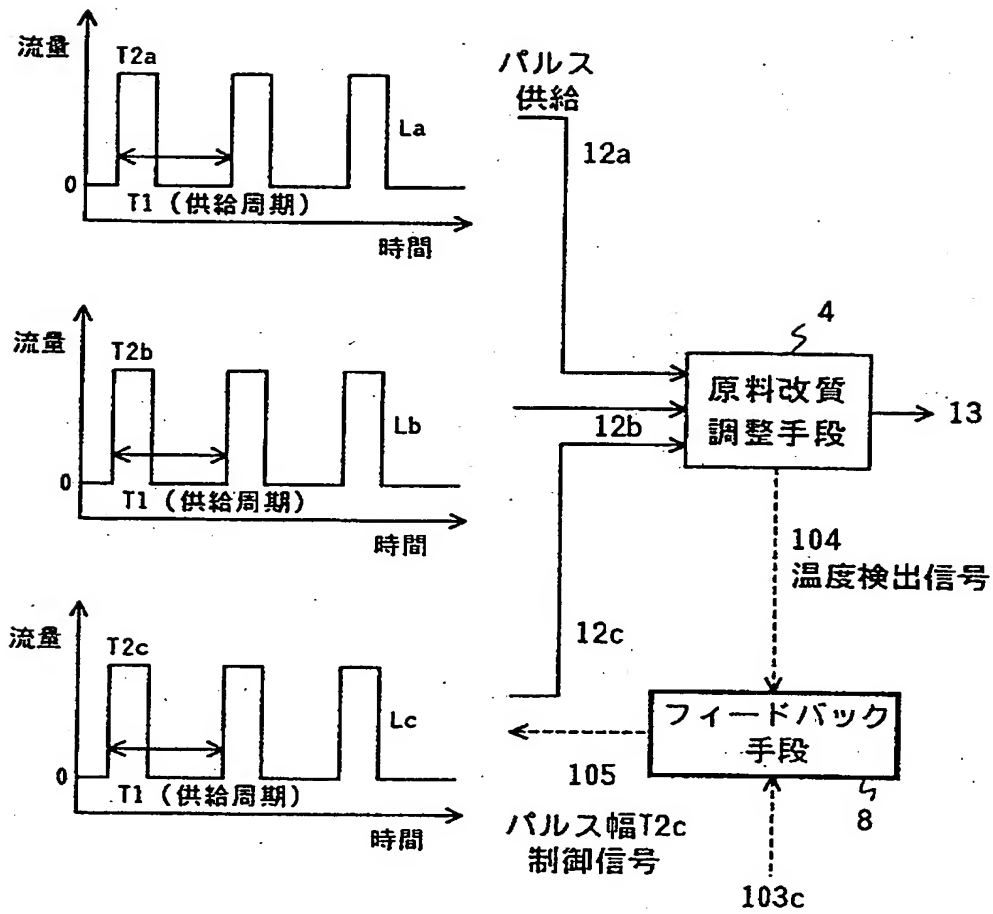
(b)

流量設定 $n2$ 段階 ($n2 > n1$)



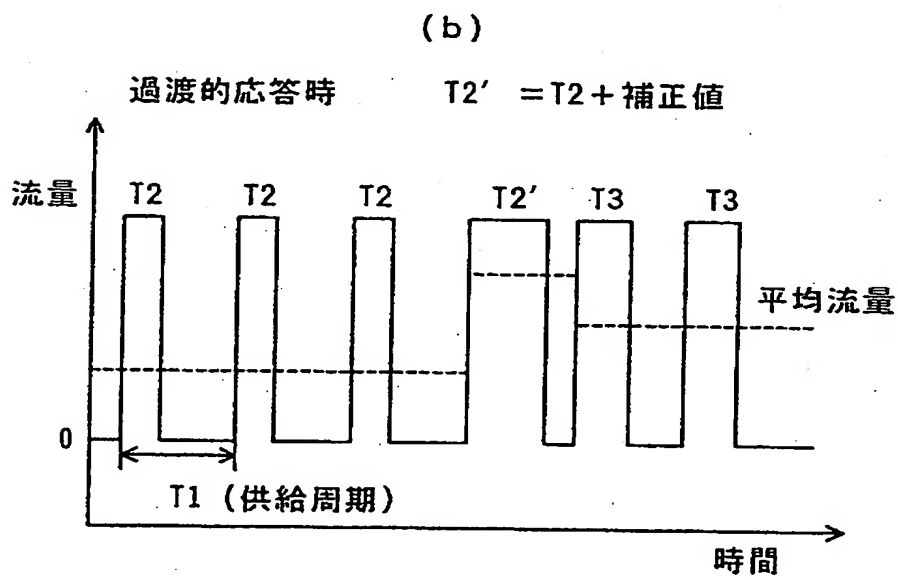
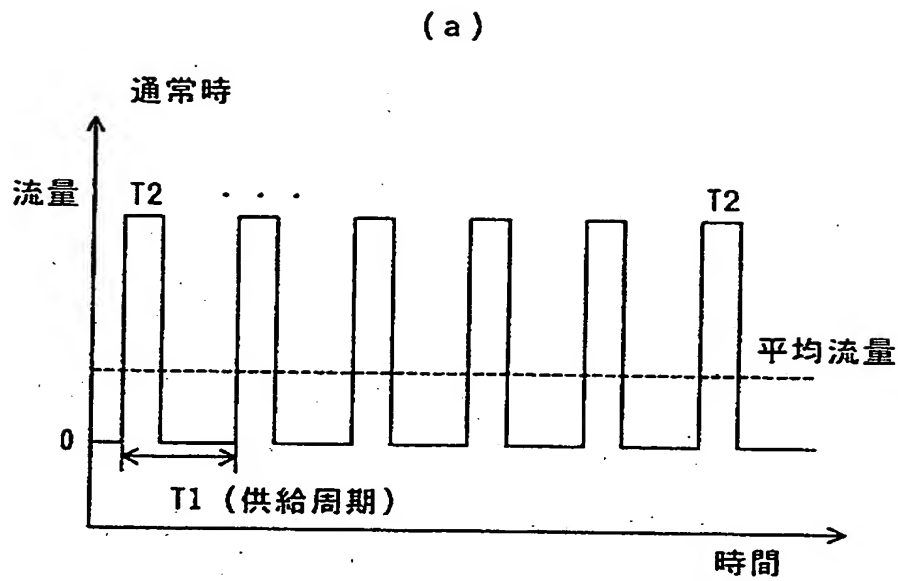
【図 11】

図 11



【図 1 2】

図 1 2



【図 13】

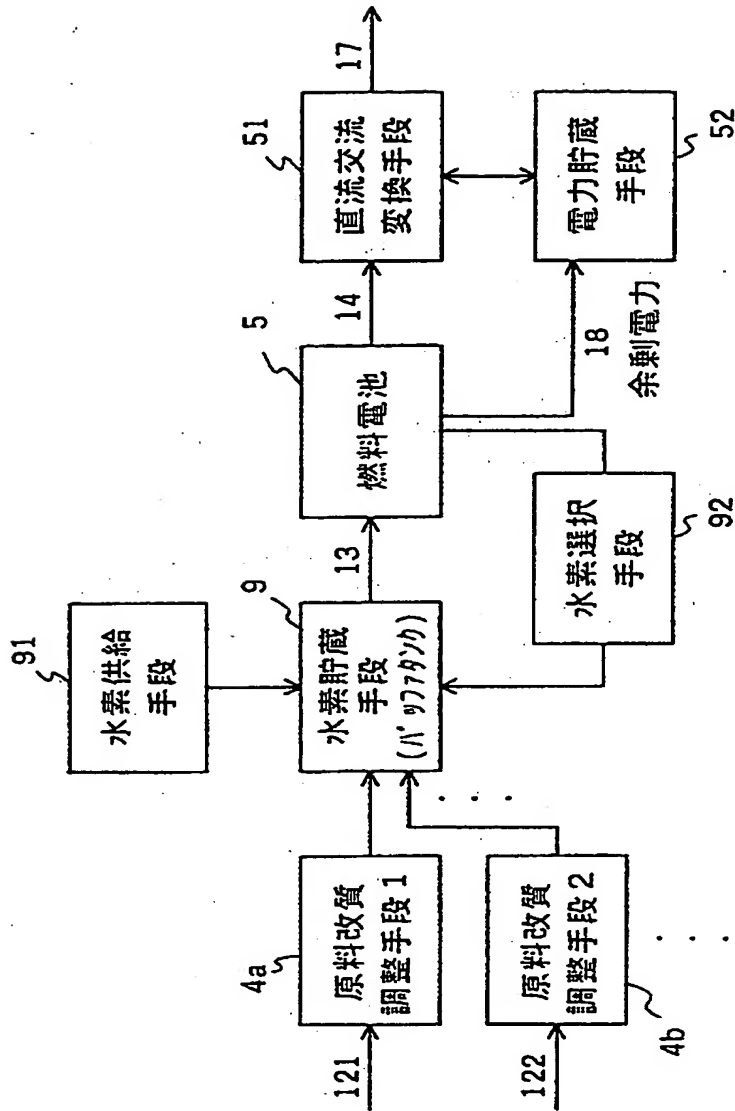
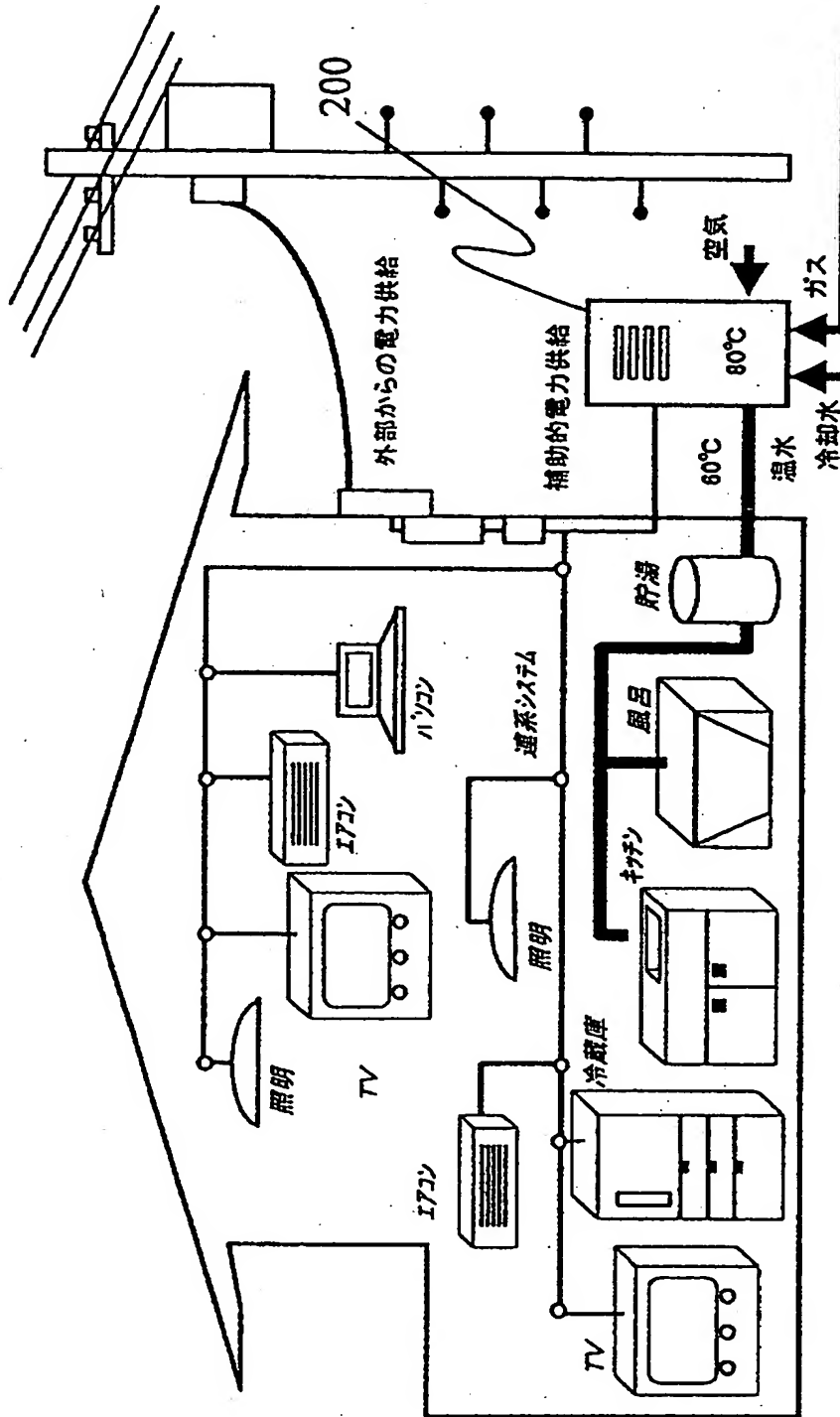


図 13

【図 14】

図 14



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 水素製造装置を用いた発電システムにおいて、装置類の低コスト化と、水素製造に係る精度の維持、安定化を両立させる。

【解決手段】 反応の安定化、特に反応温度の維持のため、空気（または酸素／酸化剤）1 c の供給は、フィードバック手段 8 によるフィードバック制御を実施し、その他の供給原料 1 a, b については要求水素製造量に応じて予め決めた設定値を指示する流量選択手段 6 に従い、オープンループ制御で供給する。これに合わせて、空気 1 c の供給系には、連続値で流量を設定可能な流量設定手段 3 を使用し、その他の供給原料 1 a, b については、開閉弁の開閉状態の組合せによる離散値で流量を設定する、離散的流量設定手段 2 a, 2 b を使用した。

【選択図】 図 1

認定・付加情報

特許出願の番号	特願2001-274920
受付番号	50101334323
書類名	特許願
担当官	藤居 建次 1409
作成日	平成13年 9月17日

<認定情報・付加情報>

【特許出願人】

【識別番号】	000005108
【住所又は居所】	東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地
【氏名又は名称】	株式会社日立製作所

【特許出願人】

【識別番号】	000005441
【住所又は居所】	東京都港区浜松町二丁目4番1号
【氏名又は名称】	バブコック日立株式会社

【代理人】

申請人

【識別番号】	100068504
【住所又は居所】	東京都中央区日本橋茅場町二丁目9番8号 友泉 茅場町ビル
【氏名又は名称】	小川 勝男

【選任した代理人】

【識別番号】	100086656
【住所又は居所】	東京都中央区日本橋茅場町二丁目九番八号 友泉 茅場町ビル 日東国際特許事務所
【氏名又は名称】	田中 恭助

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[000005108]

1. 変更年月日 1990年 8月31日

[変更理由] 新規登録

住 所 東京都千代田区神田駿河台4丁目6番地

氏 名 株式会社日立製作所

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000005441]

1. 変更年月日 1998年 5月 6日
[変更理由] 住所変更
住 所 東京都港区浜松町二丁目4番1号
氏 名 バブコック日立株式会社